

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



CORRELACIÓN TEMPORAL DE LA GRANULOMETRÍA Y DE LA CARGA DE SEDIMENTOS QUE MOVILIZA EL RÍO ORINOCO A TRAVÉS DE SU CAUCE. CASO: SECTOR ARAMAYA EN EL ESTADO MONAGAS, VENEZUELA DURANTE EL PERÍODO 1998 -2002.

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES BARRIOS G.,
CARLOS A. Y TOSCANO S.,
JENDERSON R. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE 2022



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado: **CORRELACIÓN TEMPORAL DE LA GRANULOMETRÍA Y DE LA CARGA DE SEDIMENTOS QUE MOVILIZA EL RÍO ORINOCO A TRAVÉS DE SU CAUCE. CASO: SECTOR ARAMAYA EN EL ESTADO MONAGAS, VENEZUELA DURANTE EL PERÍODO 1998 - 2002**, presentado por los bachilleres, **BARRIOS GONZÁLEZ, CARLOS A.**, cédula de identidad N° **26.184.497** y **TOSCANO SUÁREZ, JENDERSON RAFAEL** de cédula de identidad No **24.378.483** como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO** respectivamente ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre y apellidos	Firmas
<u>Prof. Dafnis Echeverría D.</u> (Asesor)	_____
<u>Prof(a). Katheouska Roura</u> (Jurado)	_____
<u>Prof. Francisco Monteverde</u> (Jurado)	_____
_____ Prof(a). Rosario Rivadulla Jefe de Depto. de Geología	_____ Prof. Francisco Monteverde S. Director de Esc. de Cs. de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los ___ días del mes de Diciembre de 2022

DEDICATORIA

Primero que todo tengo que darle gracias a Dios por haberme dado la fuerza y perseverancia de seguir adelante en unas de mis metas propuestas. Gracias a Dios por tenerlas presentes y esta meta que he alcanzado es para ustedes.

A mis Padres Esmeralda Gonzalez y Carlos Barrios por el amor y cariño que siempre me han dado y por la oportunidad de estudiar, que con su apoyo, le he demostrado a muchos que si se pueden lograr las meta que uno se proponga.

A mi hermana Karla Barrios, a mi abuela María Valero (+), a mi abuela María Dolores y mis tíos Oscar Serafini y Zurasma Carrasquel.

Carlos A. Barrios González

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado mi carrera de geólogo, a mis padres Santos toscano y Sonia Suárez, por qué ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi hermano y sobrinos por su palabras y sus compañía, a mis amigos que me regaló la universidad de Oriente y aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mi objetivo.

Jenderson Rafael Toscano Suárez.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen de Coromoto Por guiarme siempre en mi camino, porque me dio la fortaleza, salud y bendiciones para lograr objetivos de mi vida.

A mis padres Esmeralda González y Carlos Barrios, a mi primo Oscar Serafini y mis tíos Oscar Serafini y Joana Guevara por su ayuda y apoyo en todo momento.

A la Universidad de Oriente, la Casa más alta y sus profesores por haberme formado profesionalmente.

A mi tutor académico Profesor Dafnis Echeverría por proporcionarnos buenas recomendaciones para el desarrollo de este trabajo.

A todas mis amistades quienes al igual que yo luchan día a día por sus metas. Gracias a todos por la amistad brindada.

Carlos A. Barrios González

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por permitirme Culminar mi carrera universitaria en la casa más alta de oriente, en la universidad de oriente UDO, a mis padres por darme la vida y apoyarme en todo lo que me he propuesto A mi madre Sonia Suarez que es una mujer amorosa, luchado y buena madre, que luchaba día a día para darnos estudio y un buen vivir A mi padre Santos Toscano, por ser buen padre comprensivo, buen hombre en nuestra familia y ser un apoyo en este objetivo que me propuse Gracias papá A mis hermanos Jerson Toscano y Jesús Toscano por ayudarme en esta etapa de mi vida.

Jenderson Rafael Toscano Suárez

RESUMEN

El objetivo fundamental del presente trabajo de grado consiste en establecer la posible correlación temporal existente entre la granulometría y la carga de sedimentos que moviliza el río Orinoco a través de su cauce. En ese sentido, se analiza en este estudio el caso específico del sector Aramaya con base a los registros de aforos realizados durante el quinquenio 1998 al 2002, lo cual se considera pertinente y se presume que los resultados serían extrapolables en el tiempo, toda vez que no se conoce documentalmente que se hayan producido eventos naturales ostensiblemente diferenciados a lo largo de los últimos 50 años. Cabe destacar que la escogencia del sector Aramaya se debió a que es uno de los sectores con mayores dificultades para el tránsito de las embarcaciones de gran calado, también por el reiterativo dragado de mantenimiento periódico que se debe realizar en dicho sector y finalmente, a la existencia de datos de aforos en ese tramo del canal de navegación. La estrategia adoptada para dar respuesta al problema de ausencia de conocimiento planteado es a través de un diseño documental y de campo. Para la realización de la presente investigación se describió los procedimientos de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) en el sector Aramaya, se caracterizó el comportamiento de las corrientes con base a la correlación de los niveles del río, velocidades y caudales, se recopilaron las características granulométricas de los materiales del cauce muestreados durante la ejecución de los aforos, así como también la concentración de la carga de sólidos suspendidos. Todos estos análisis se realizaron con base a los datos suministrados por la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (CVG GCNO), antes denominada INC. Posteriormente, se construyeron las secciones transversales, con información proveniente de los levantamientos batimétricos costa a costa efectuados en la oportunidad de la realización de los aforos en la sección San Roque (S10). Como resultados relevantes se determinó que los materiales del cauce en la sección de aforo S10 se corresponden con arenas finas a medias lo cual se mantiene con el mismo comportamiento durante el período evaluado. Las cargas de sedimentos durante el quinquenio evaluado indican que existe correlación temporal en el tipo de sedimento independientemente de la fase del ciclo hidrológico y del año en el período evaluado. Sin embargo, no existe correlación temporal en la cantidad de sedimentos ni en su concentración.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.1 Objetivos de la Investigación	5
1.1.1. Objetivo General	5
1.1.2. Objetivos Específicos	5
1.2 Justificación de la investigación	5
1.3 Alcance de la investigación	6
1.4 Limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio	8
2.2 Acceso al área de estudio	11
2.3 Geología del área de estudio	11
2.3.1 Geología regional	11
2.3.2 Geología local del sector Aramaya	14
2.4 Hidrografía y geomorfología del río Orinoco	16
2.5 Procesos hidrológicos del río Orinoco	19
2.6 Caracterización biótica	20
2.6.1 Fauna	20
2.6.2 Flora	22
Tabla 2.1 Tamaño de las especies arbóreas presentes en el área de estudio (C.V.G. Técnica Minera, 1989).	23
CAPÍTULO III. BASES TEORICAS	24
3.1 Antecedentes o estudios previos	24
3.2 Bases teóricas	26
3.2.5 Análisis granulométrico	32
3.2.6 Escala granulométrica	32

3.2.7	Movimiento de los sedimentos	34
3.2.8	Modelo de Hjulstrum (1935)	34
3.2.9	Método de Visher	38
3.3	Bases legales de la investigación.....	39
3.3.1	Decreto Con Rango, Valor y Fuerza De Ley de Canalización y Mantenimiento de las Vías de Navegación (2008),	40
3.3.2	LEY DE AGUAS DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2007)	41
3.3.3	Normas para Regular las Actividades Capaces de Provocar Cambios de Flujo, Obstrucción de Cauces y Problemas de Sedimentación (1992),	42
3.4	Definición de términos básicos	44
3.4.1	Barras	44
3.4.2	Los sedimentos gruesos (arenas y grabas).....	44
3.4.3	Los sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)	44
3.4.4	Carga de fondo.....	44
3.4.5	Carga en suspensión	44
3.4.6	El número de Froude	45
3.4.7	Patrón de drenaje	45
3.4.8	Caudal	45
3.4.9	Saltación	45
3.4.10	Suelo	46
3.4.11	Estructuras	46

CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO	49
4.1 Tipo de investigación	49
4.2 Diseño de la investigación.....	49
4.3 Población y muestra de la investigación	50
4.3.1 Población de la investigación	50
4.3.2 Muestra de la investigación	51
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	51
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	53
Se entiende por instrumentos para la recolección de datos a cualquier herramienta, dispositivo, equipo o instrumento que permita registrar sistemáticamente el proceso de recolección de los datos e información que se emplearán en el desarrollo de la investigación.....	53
4.5 Flujograma de la investigación.....	53
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos específicos.....	54
4.6.1 Recopilación de datos e información bibliográfica	55
4.6.2 Descripción de la infraestructura de medición de niveles y de la sección de aforos	55
4.6.3 Describir los parámetros hidráulicos principales del área de estudio registrados durante el período 1998 al 2002	56

4.6.4	Correlación temporal de la granulometría de las muestras de fondo y en suspensión	56
4.6.5	Correlación temporal de la cantidad de sedimentos de fondo y en suspensión	57
CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		58
5.1	Caracterización de las estaciones limnimétricas y las secciones de aforo existentes en el tramo de estudio.	58
5.2	Caracterización de las variaciones de los niveles del río Orinoco en el sector Aramaya durante el período 1998 – 2002.....	59
5.3	Caracterización de la distribución granulométrica de los sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002..	61
5.4	Correlación temporal de la carga de sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
	Conclusiones	69
	Recomendaciones	70
REFERENCIAS		71

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Canal de navegación del río Orinoco.....	9
2.2	Ubicación relativa y geográfica del sector Aramaya del río Orinoco	9
2.3	Imagen de satélite Landsat del sector Aramaya (Google Earth, 2022).....	10
2.4	Delimitación geográfica del sector Aramaya (Google Earth, 2022).....	10
2.5	Provincias geológicas de Guayana.....	12
2.6	Afloramientos rocosos en San Roque, Aramaya.....	15
2.7	Cuenca hidrográfica del río Orinoco.....	18
2.8	Proceso de sedimentación en el sector Aramaya: Barra de arena, dunas y rizos.....	19
3.1	Proceso de circulación espiral de dos meandros (Friedman y Sanders, 1972).....	30
3.2	Diagrama de fuerzas actuantes en una partícula de sedimento en el flujo de un canal abierto (Van Rijn, 2000).....	31
3.3	Diagrama de Hjulström (1935). (Allen, 1965).....	34
3.4	Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing, 1990).....	35
3.5	Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing, 1990)	37
3.6	Curvas de la distribución de tamaño de grano (Modificado de Visher, 1969).....	38
4.1	Flujograma de la investigación.....	54
5.1	Disposición de las secciones de aforo del sector Aramaya.....	57
5.2	Hidrogramas del río Orinoco en la estación limnigráfica de Punta Piedra en el sector Aramaya (milla 169).....	59
5.3	Correlación entre los niveles de la superficie del agua, la velocidad del flujo y los caudales medidos durante los aforos realizados en la sección S10.....	60
5.4	Correlación temporal de las distribuciones granulométricas para las fases de aguas bajas del período 1998 – 2002.....	62
5.5	Variación temporal de la sección de aforo San Roque para Aguas bajas durante el quinquenio de análisis.....	64

5.6	Variación temporal de la sección de aforo San Roque para Aguas bajas durante el quinquenio de análisis.....	65
5.7	Correlación de carga líquida y carga sólida de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 en Aguas Bajas y en Aguas Altas.....	66

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Tamaño de las especies arbóreas presentes en el área de estudio (C.V.G. Técnica Minera, 1989).....	23
3.1 Escala de Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (UDO, 2000).....	33
5.1 Coordenadas UTM de ubicación de las secciones de aforo.....	57
5.2 Inventario de mediciones de aforos realizadas en el sector Aramaya durante el período 1998 al 2002.....	58
5.3 Parámetros de correlación de carga y tipo de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 durante período de aguas bajas.....	67
5.4 Parámetros de correlación de carga y tipo de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 durante período de aguas altas.....	67

INTRODUCCIÓN

El dragado de mantenimiento del río Orinoco es realizado y controlado por el Estado Venezolano a elevados costos. Esta situación se ha tornado cada vez más acentuada dado que desde hace varios años los equipos propiedad del Estado se encuentran inoperativos por lo que el dragado de mantenimiento se realiza con equipos contratados internacionalmente. Actualmente, el costo del metro cúbico de sedimento dragado a contratar, oscila aproximadamente entre 2.50 US\$ y 6.00 US\$ (dependiendo de las condiciones del entorno donde se dragará y de los equipos a utilizar); en vista de lo cual, es necesario agotar esfuerzos para optimizar tales operaciones, dada las grandes cantidades de sedimentos (8.000.000 m³) que deben ser removidas del lecho del canal interior del río Orinoco anualmente

En vista de esta situación, se deben agotar esfuerzos para conocer como se producen los procesos sedimentarios y de movimiento de los sedimentos, razón por la cual se pretende conocer las relaciones temporales existentes en la granulometría y carga de sedimentos movilizados por el río a través del cauce, considerando como caso especial al sector Aramaya. Entre las características del entorno que es necesario considerar se encuentra la: textura de los sedimentos y la carga que de ellos se han movilizado durante el quinquenio analizado. Todas las consideraciones anteriores se realizan con base a las condiciones hidráulicas del sector, la geomorfología del lecho, la climatología, entre otros aspectos relevantes de la zona de estudio.

Este análisis permitirá obtener una información más detallada del sector Aramaya en cuanto al desplazamiento de los sedimentos se refiere.

Esta investigación se estructura en cinco (5) capítulos:

En el Capítulo I. Situación a investigar: se plantea la situación del estudio, objetivos general y específicos, alcances y limitaciones.

En el Capítulo II. Generalidades: se encuentran los rasgos generales del área de estudio, su ubicación geográfica, geología regional, hidrografía y regímenes de corrientes del río Orinoco.

El Capítulo III. Marco teórico: muestra los antecedentes de estudio en la zona y conceptos teóricos y prácticos que enriquecen el contenido del trabajo.

El Capítulo IV. Metodología de trabajo: trata sobre la metodología donde se describe el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra de la investigación, el flujograma y el procedimiento para el logro de los objetivos.

En el Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: se presentan tabulados y graficados los resultados de la investigación.

Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones relevantes de la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El conocimiento de los sedimentos que erosionan, transportan y depositan las corrientes fluviales y de escorrentía superficial en general, se tornan de vital importancia cuando en la trayectoria de esos flujos de agua y sedimentos se construyen infraestructuras o se realizan actividades antrópicas de interés para la comunidad.

Este interés por conocer las características de los sedimentos fluviales y de los flujos no es de ninguna manera caprichoso o casual ya que los flujos en dos fases, como ocurre en las corrientes fluviales, son los que presentan obstáculos de importancia para actividades comerciales como la navegación o para actividades de mantenimiento de los canales de navegación.. Asimismo, el movimiento y características de los sedimentos pueden también alterar el funcionamiento de represas, de muelles, de puertos, entre otras.

También ha sido de especial atención, las características de los sedimentos cuando se realizan actividades de prospección de minería aluvial. El contenido mineralógico de los sedimentos puede significar la necesidad de emprender operaciones de explotación de aluviones mediante dragado o de cualquier otra índole.

En Venezuela, específicamente en el río Orinoco el transporte y la depositación de los aproximadamente 400 millones de metros cúbicos de suelos (TAMS, 1970) que transporta el río anualmente a través de su cauce, se transforman en un serio problema para la navegación segura de los buques que deben entrar y salir de la nación a través de esta vía fluvial.

El sector Aramaya del río Orinoco es para la economía de Venezuela un sector de mantenimiento crítico de vital importancia en el canal de navegación de esta importante vía fluvial, por cuanto a través de él ingresan y egresan de nuestro país los buques que transportan el mineral de hierro, la bauxita, combustible, carga general, aluminio, entre otros. Conocer la magnitud de la carga de sedimentos y las características de estos sedimentos es importante para administrar las operaciones de dragado de mantenimiento de ese tramo del canal de navegación. Asimismo, es importante determinar si existe correlación temporal en la magnitud de la carga de sedimentos transportada, así como también de las características texturales de estos sedimentos, con la finalidad de evaluar si las estrategias de dragado de mantenimiento son las más adecuadas durante las operaciones de acondicionamiento del canal de navegación.

Vista la problemática antes expuesta cabe plantearse las siguientes interrogantes:

¿Cómo son las variaciones de los niveles del río Orinoco en la zona de estudio?

¿Cuáles son las estaciones limnimétricas y de aforo existente en el sector Aramaya?

¿Cuáles son las características granulométricas de la carga de sedimentos medidos en el sector Aramaya?

¿Cómo será la correlación temporal de la carga de sedimentos de fondo y en suspensión y de su granulometría medidos en el sector Aramaya?

1.1 Objetivos de la Investigación

1.1.1. Objetivo General

Establecer la correlación temporal de las características granulométricas y de la carga de sedimentos que moviliza el río Orinoco a través de su cauce. Caso: sector Aramaya en el estado Monagas, Venezuela, durante el período 1998 -2002

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar las estaciones limnimétricas y las secciones de aforo existentes en el tramo de estudio.
2. Caracterizar las variaciones de los niveles del río Orinoco en el sector Aramaya durante el período 1998 - 2002
3. Correlacionar las características granulométricas de los sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.
4. Establecer la correlación temporal de la carga de sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.

1.2 Justificación de la investigación

Se planteará la justificación de la presente investigación en función de lo que ocurriría de no resolverse la necesidad de conocimiento sobre la correlación temporal que existe entre las características granulométricas y la magnitud de la carga de sedimentos transportados como carga de fondo o en suspensión que se mueven y

depositan en el sector Aramaya del río Orinoco. En ese sentido, es importante acotar que, para el momento de realización de esta investigación, el metro cúbico dragado tiene un precio en el mercado internacional entre cinco (5) y siete (7) US\$ aproximadamente, y se hace hincapié en ello toda vez que las labores de dragado de mantenimiento se realizan con equipos contratados a empresas transnacionales. De allí que manejar las mejores estrategias de dragado dependen en gran medida de conocer a cabalidad las condiciones hidro-sedimentarias del entorno y especialmente considerando la características granulométricas y cantidad del material a dragar para definir las adecuadas técnicas y tácticas de dragado.

1.3 Alcance de la investigación

Para el desarrollo cabal de esta investigación se deberá incluir la revisión, descripción y/o análisis de factores involucrados en el desarrollo textural de los sedimentos del lecho del cauce en el sector Aramaya. Entre estos factores, debemos citar: la variación de los niveles del río, lo cual incide directamente en las profundidades del tramo en estudio y ello influirá en la forma de depositarse los materiales. Asimismo, es necesario conocer los niveles de energía disponibles en la corriente del río a través de conocer su velocidad y caudal. También se deberá analizar y correlacionar las características granulométricas de los sedimentos (distribución granulométrica) y la magnitud de la carga de sedimentos de fondo y en suspensión que se han movilizad o a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.

1.4 Limitaciones de la investigación

Para el momento de ejecución de la presente investigación no se han detectado obstáculos o dificultades significativas que dificulten el desarrollo del estudio, tal y como ha sido aquí formulado; sin embargo, es conveniente acotar que la fuente

principal de información de la presente información la constituye los resultados de las campañas de aforos que sistemáticamente realizaba el INC a lo largo del canal de navegación, las cuales se han visto casi totalmente suspendidas desde hace casi dos (2) décadas. Tal circunstancia menoscaba y limita la posible extensión del análisis temporal que podría tener esta investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio

Primordialmente por sus condiciones hidráulicas en el Canal Orinoco se suele distinguir dos (2) tramos, ya que en ambos son diferentes los mecanismos que hacen variar tanto la superficie del agua como el lecho de la vía acuática, e igualmente debido a que se emplean diferentes niveles de referencia para la medición de los mismos, y la consecuente determinación de las profundidades navegables. Estas son:

El canal oceánico: que se prolonga por Boca Grande entre las progresivas ubicadas entre las millas 0 a 42m sector donde las variaciones de los niveles del agua son producidas por efectos de la marea. Para esta zona, el datum de referencia de las mareas para el control de las profundidades disponibles es la “Bajamar Media de Mareas Vivas” (BMMV), es decir, el promedio de las mareas más bajas sucedidas durante los períodos de sicigia.

El canal fluvial: que se extiende entre las progresivas comprendidas entre las millas 42 a 195, en donde la superficie del agua varía debido principalmente por el ciclo hidrológico del Orinoco (Figura 2.1).

En este tramo se empleó como datum de referencia para las profundidades reportadas el “Nivel de Aguas Bajas” (NAB) correspondiente al nivel más bajo registrado a lo largo de varios años en cada uno de los limnómetros utilizados para medir las fluctuaciones de altura de las aguas en diversos sectores del río.

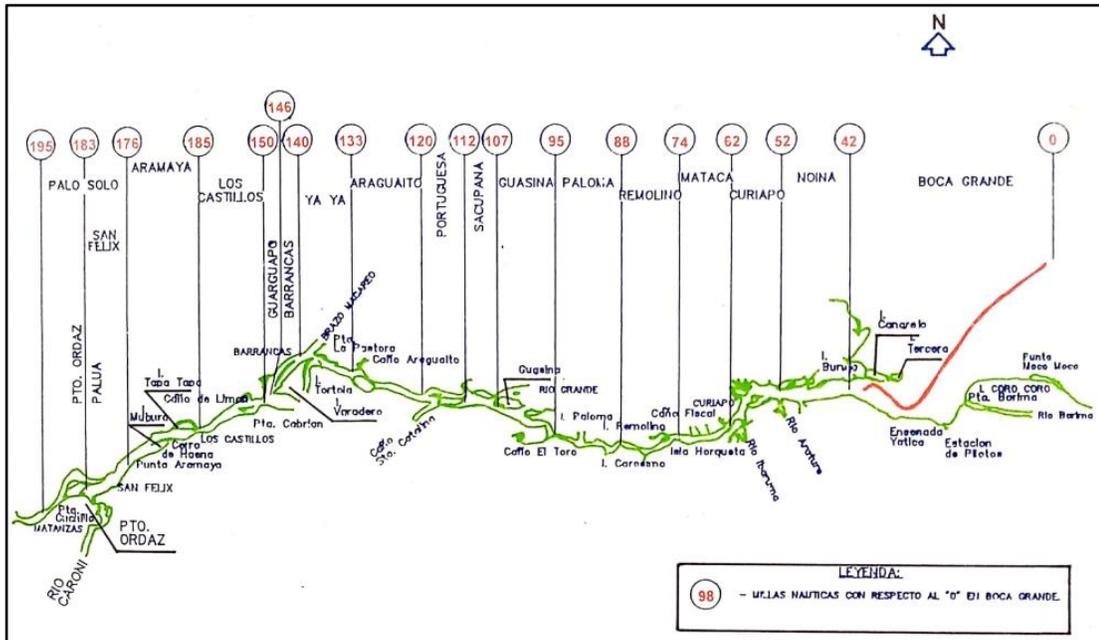


Figura 2.1 Canal de navegación del río Orinoco.

El sector Aramaya del río Orinoco, localizado entre las progresivas milla 178 y milla 165 del canal de navegación del río Orinoco. Se encuentra a unas 16 millas náuticas al este de San Félix y adyacente al sector de Los Castillos.

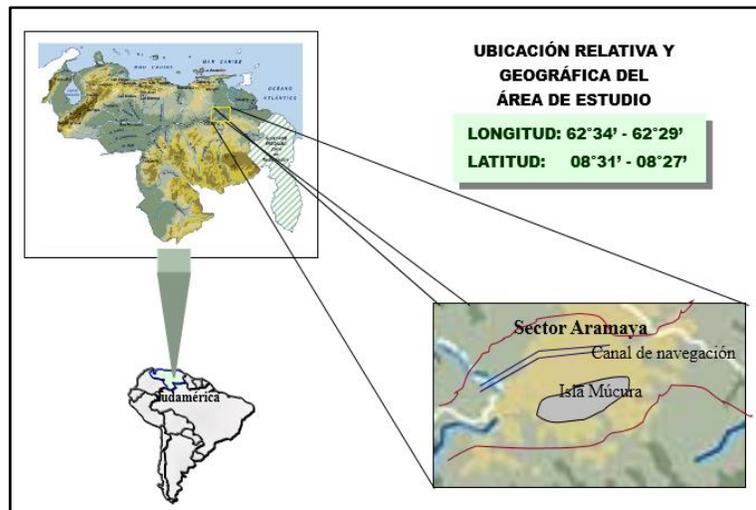


Figura 2.2 Ubicación relativa y geográfica del sector Aramaya del río Orinoco.

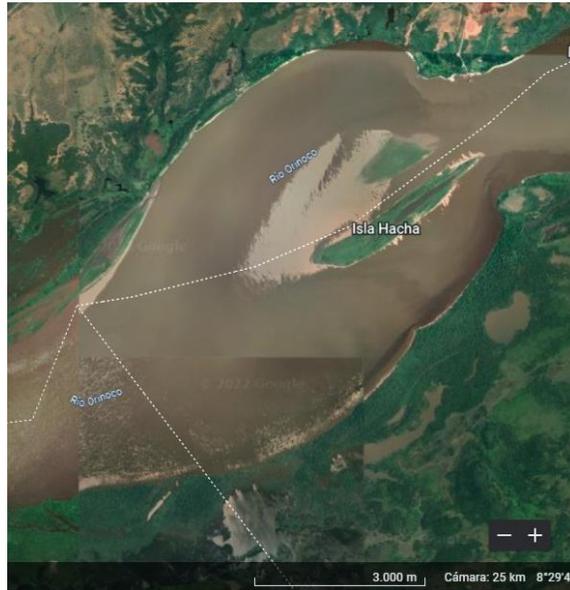


Figura 2.3 Imagen de satélite Landsat del sector Aramaya (Google Earth, 2022).



Figura 2.4 Delimitación geográfica del sector Aramaya (Google Earth, 2022).

2.2 Acceso al área de estudio

Se puede llegar al área de estudio, desde la población de San Félix, ubicada en las riberas del río Orinoco, al norte del estado Bolívar, y luego a través de vía acuática desde este puerto fluvial, por el citado río a 16 millas náuticas aproximadamente al este de esa población.

2.3 Geología del área de estudio

2.3.1 Geología regional

En la región Guayana afloran tres (3) unidades lito-estratigráficas bien definidas, limitadas por las rocas del Complejo de Imataca hacia el Sur y hacia el Norte por la Formación Mesa (Pleistoceno) y depósitos aluvionales recientes.

En base a características petrológicas y tectónicas, el escudo de Guayana ha sido dividido en cuatro (4) provincias como son: Imataca, perteneciente al denominado cinturón granulítico, Pastora a los cinturones de rocas verdes, Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de granitos (1800 +- 200 m.a) y granitos post-tectónicos (1500 m.a). (Figura 2.5).

La provincia de Roraima es una cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora o Cuchivero (González de Juana *et al*, 1980).

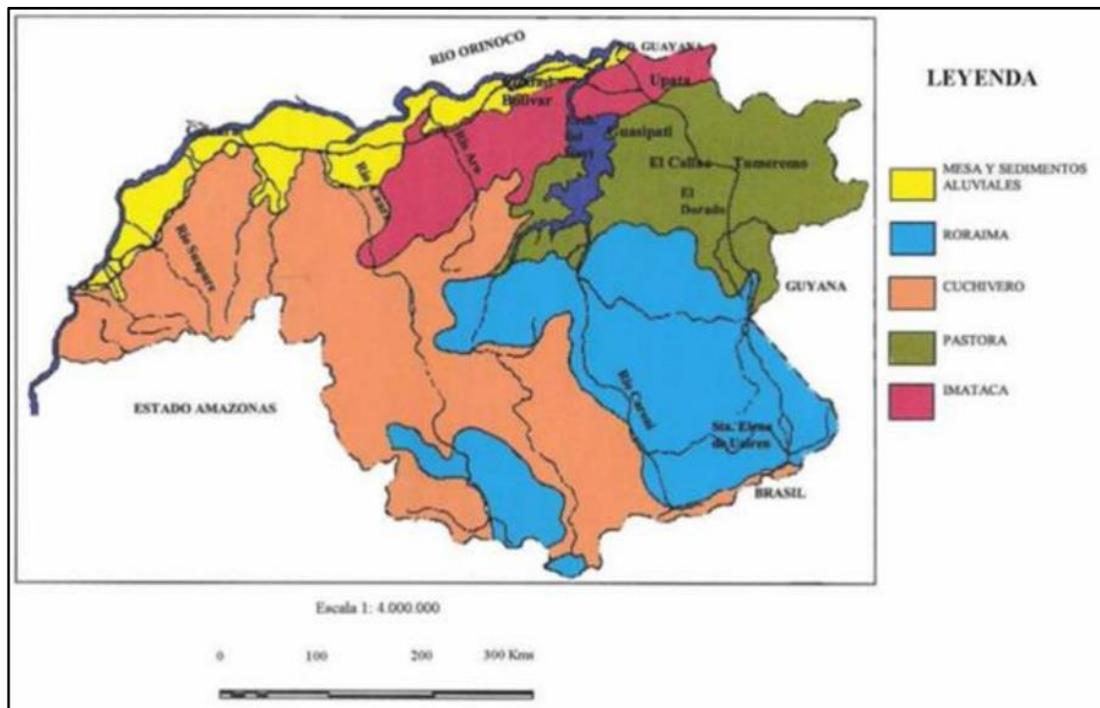


Figura 2.5 Provincias geológicas de Guayana.

2.3.1.1 Complejo de Imataca

Es una unidad rocosa, perteneciente al Precámbrico conformada principalmente por gneises graníticos, gneises anfibolíticos, migmatitas, charnockitas y en menor proporción cuarcitas ferruginosas. El grado metamórfico es alto (sub-facies de la granulita piroxénica (C.V.G, 1977).

Las rocas del Complejo de Imataca se localizan en la parte norte del Estado Bolívar, formando un cinturón en sentido Noreste – Suroeste de unos 510 Km de longitud, bordeando el río Orinoco hasta penetrar el estado Amazonas (González de Juana *et al*,1980). Dado que el suelo residual proveniente de rocas graníticas incrementa su espesor en área que se hallan preservadas de la erosión, es de esperarse que los mayores espesores de suelo residual se encuentren en las depresiones o

siguiendo las fracturas de las rocas, en tanto que los menores espesores se encontrarán en la cumbre de las elevaciones, en los terrenos de pendiente pronunciadas o en áreas contiguas a los cursos de agua (C.V.G, 1977).

2.3.1.2 Formación Mesa

Al Norte del área de estudio, en la margen derecha del río Orinoco y especialmente entre los ríos Caroní y Orinoco, aflora una secuencia de capas de edad Pleistoceno asignada a la Formación Mesa la cual está formada por sedimentos de origen fluvial y palustre (Ministerio de Energía y Minas, 1980).

Herdberg y Pyre (1944) introducen este término para designar la formación que cubre las extensas mesas fisiográficamente características en la parte oriental de la cuenca Oriental de Venezuela.

Formación Mesa cubre geográficamente los llanos orientales, Estado Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre, el espesor máximo mencionado es de 275 m en la mesa de Maturín (González de Juana *et al*, 1980).

Los sedimentos arenosos y areno – limosos de la parte superior no se encuentran consolidados, en tanto que los limos y arcillas inferiores se hallan poco consolidados, o bien consolidados, cuando se trata de algunas arcillas (C.V.G. 1977).

Basándose en estudios realizados tanto en observaciones superficiales como en perforaciones la Formación Mesa sufre una gradación de más gruesos a más finos al alojarse en las cadenas montañosas del norte hacia el sur, y una gradación contraria, es decir, de más fino a más gruesos, desde la región central de Monagas, también hacia el sur al acercarse al Macizo de Guayana (C.V.G. 1977).

2.3.1.3 Depósitos aluviales recientes

Los sedimentos fluviales recientes se encuentran bordeando el Orinoco y las corrientes principales de Guayana.

Está constituido principalmente por limos, arcillas y arcillas limosas, interestratificados con lentes arenosos. Estos materiales son provenientes de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, las cuales fueron arrastradas y depositadas por las aguas de escorrentía y por los vientos a partir del Holoceno hasta el presente, constituyendo las planicies aluvionales y el área de inundación periódica del Orinoco (González de Juana *et al*, 1980)

2.3.2 Geología local del sector Aramaya

Litológicamente el área de estudio está constituida por sedimentos de río provenientes principalmente del Complejo de Imataca los cuales son depositados en el lecho durante los proceso de erosión, sedimentación y transporte que anualmente realiza el río como parte de los cuatro ciclos que cumple.

Es importante resaltar que todas las muestras contienen alto porcentaje de minerales opacos aproximadamente un 91%.

Los materiales o suelos presentes en el cauce del río en el sector Aramaya son mayoritariamente arenas que poseen texturas que van de medias a finas en el centro del canal; sin embargo, hacia las riberas se detectan materiales que pueden contener limos, arcillas y materia orgánica. Asimismo, los materiales arenosos del centro del cauce tienden a poseer una permeabilidad variable generalmente alta.

Sin embargo, es importante señalar que a lo largo del trayecto por el sector Aramaya se distinguen cuatro (4) sitios de fondo rocoso que en su mayoría solamente afloran durante el período de aguas bajas del río. Estos afloramientos son sin lugar a dudas representaciones del Complejo Imataca y se encuentran repartidos así:

1. En la milla 167.2 en el lado norte en Punta Piedra (Figura 7)
2. En la milla 174.1 en el lado sur del canal
3. En la milla 174.9 en el lado norte del canal
4. En la milla 175.9 en el lado sur del canal



Figura 2.6 Afloramientos rocosos en San Roque, Aramaya.

2.4 Hidrografía y geomorfología del río Orinoco

El río Orinoco en el tramo de interés desarrolla su cauce sobre el borde del Escudo Guayanés, formado por rocas cristalinas de edad precámbrico y limitado por su margen izquierda por aluviones y sedimentos recientes de los Llanos de Venezuela, representa un tramo de 640 km. Situado entre El Jobal, en las inmediaciones de las confluencias del río Suapure, con el río Orinoco y Matanzas en su confluencia con el río Caroní, abarca una extensión comprendida en lo que se ha identificado como el Medio y Bajo Orinoco cuya sección entre los estados Apure y Guárico se conoce geográficamente como el Arco Orinoquense, debido a la inflexión que experimente el canal que drenando de Sur a Norte, gira al Este, para seguir adyacente al Escudo, hasta descargar al Océano Atlántico a través de extenso delta de 30.000 km². El único que ofrece una estructura deltaica dentro de los grandes ríos de Sur América (Instituto de Mecánica de Fluidos, 1998).

En este trayecto el río Orinoco recibe la contribución de numerosos tributarios con características distintas, tanto a lo relativo al comportamiento hidrológico y contraste entre las geologías aportadoras, lo que se refleja en distintas modalidades de relieve, litología, cubierta vegetal, etc., Esto determina a su vez, diferentes formas y suministros sólidos e influencia de los diferentes ríos tributarios, especialmente al considerar el sector del Escudo Guayanés y las áreas geológicamente más jóvenes de las cordilleras de los Andes. Los ríos que drenan cuenca del Escudo Guayanés, presentan módulo de precipitación más elevados, ello combinado al carácter de las rocas, producen magnitudes superiores de escorrentías; en contraste, los suministros sólidos son relativamente bajos representados por arenas que resultan de la alteración de rocas ígneas y metamórficas (CVG Tecmin, C.A., 2002).

El río Orinoco posee una cuenca hidrográfica que abarca un área de aproximadamente 990000 km² de los cuales 640000 km² están en territorio

venezolano y 350000 km² en territorio colombiano, su longitud es de 2063 km con su nacimiento en el macizo de Guayana y el límite con Brasil en el cerro Delgado Chalbaud, a una altura de 1042 m, sus cabeceras fueron descubiertas 4 siglos y medio después de su desembocadura. El río Orinoco puede dividirse en 4 tramos fluviales: alto Orinoco, que se extiende desde la cabecera en dirección aproximada Este – Oeste hasta el raudal Los Guaharibos en San Fernando de Atabapo; El Orinoco medio, orientado hacia el Norte hasta la desembocadura del río Apure y comprendido desde el raudal de los Guaharibos y el raudal de Atures; El bajo Orinoco, que se dirige francamente al Este, desde el raudal Ature, al Sur de Puerto Ayacucho, hasta el Atlántico donde se abre en un majestuoso abanico Deltaico; Y el Delta del río Orinoco formado a partir de la formación de barranca.

En su cruce principal se encuentra alrededor de 574 islas, afloramientos del basamento cristalino y acumulaciones de sedimentos. Por su Margen derecha recibe unos 95 ríos con 290 subafuentes y por su margen Izquierdo 99 ríos y unos 230 subafuentes más sin contar innumerables riachuelos, arroyos, caños y quebradas (I.N.C. 1990).

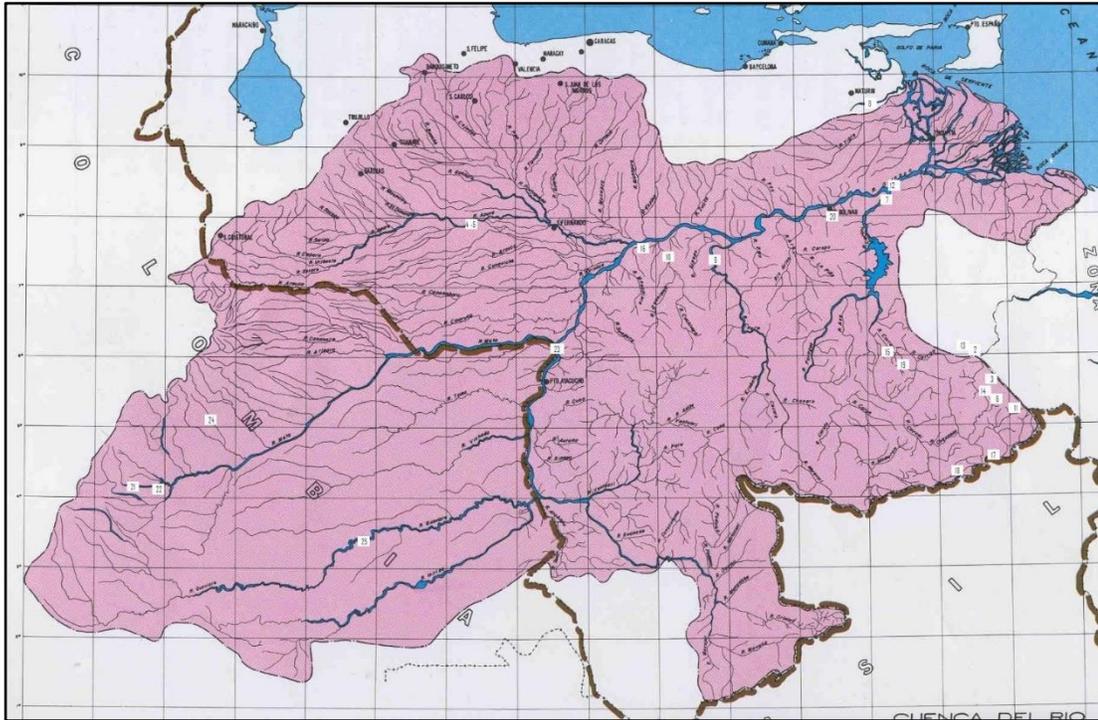


Figura 2.7 Cuenca hidrográfica del río Orinoco.

El flujo principal de estos ríos es permanente tanto en la época de estiaje o sequía como en tiempos lluviosos o de inviernos, lo cual hace que dichos flujos, en este caso, toman las características de cargarse excesivamente de sedimentos suspendidos debido al arrastre de los suelos vecinos poco consolidado o desprovistos de vegetación.

En lo que respecta a la morfología y la actividad sedimentaria es muy dinámica, ya que el Orinoco es un río típicamente aluvial, su fondo no es estable y se modifica a la carga de los sedimentos, el caudal y la época del año.

El caudal varía considerablemente en función de los cambios de la pluviosidad, pudiéndose separar los momentos de crecidas o períodos de caudal mayor ligados a estaciones pluviosas y los estiajes o períodos de débil caudal (periodo seco). En general en un área determinada será función sobre todo de la pluviosidad (y de las

dimensiones de la cuenca hidrográfica y en menor de la vegetación de la naturaleza de los suelos y del sustrato geológico) (INC, 1990).



Figura 2.8 Proceso de sedimentación en el sector Aramaya: Barra de arena, dunas y rizos.

2.5 Procesos hidrológicos del río Orinoco

Desde el punto de vista hidrológico, el mecanismo más notable como factor condicionante de evolución de las estructuras de la planicie en el río Orinoco, y el cual se asocia a la forma del hidrograma y magnitud de los caudales generados a partir de una cuenca con una superficie drenada de cerca de un millón de km², refleja en las amplias variaciones de los niveles entre los períodos seco y lluvioso, en particular en la parte media y baja del canal, registrándose variaciones de 11.5 m. en Caicara, 17 m. En Musinacio, (Mapire 16 m. en Ciudad Bolívar y 9 m. en Barrancas situada en el vértice del Delta.

Este comportamiento en la fluctuación de niveles difiere notablemente en observar en otros grandes ríos del mundo (río Amazonas, 8 m en el tramo inferior), y origina mecanismos de erosión – de posición en aéreas de la planicie, así como forma fluvial que adquiere características particulares del río Orinoco tales como : islas fluviales, barras alternadas y de puntas, rizaduras, dunas, afloramientos rocosos, depresiones, rápidos (raudales), canales laterales activos, segmentos estrangulados de canales, lagos en media luna (oxbow), espírales de meandros, restos de paleocauces o paleocanales, diques naturales y bancos colonizados por vegetación, lagunas y humedades permanentes y estacionales y depósitos de polvos y arena de origen eólico (Instituto de Mecánica de Fluidos, U.C.V. 1998).

2.6 Caracterización biótica

2.6.1 Fauna

2.6.1.1 Fauna silvestre

De acuerdo a la información suministrada por la Fundación La Salle y otros organismos encargados del monitoreo de las especies que habitan en el estado Bolívar, en especial aquellos que habitan en los territorios del Sur del río Orinoco, han datado la existencia de 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias de las cuales 37 presentan un interés económico y cinegético.

La satisfacción sin embargo; no es completa cuando se constata cinco especies amenazadas, las cuales representan el mayor riesgo de extinción:

- a. Pteronura brasiliensis (El Perro de Agua).
- b. Trichechus Manatus (El Manatí).
- c. Podocnemis Expansa (La Tortura Arrau).

- d. *Crocodylus Intermedi* (El Caimán del Orinoco).
- e. *Lutra longicaudi* (El Perro de Agua Pequeño).

Según el MARNR entre las especies vulnerables podemos citar:

- a. *Priodontes Maximus* (El Cuspón).
- b. *Felis Pardalis* (El Cunaguaro).
- c. *Felis wiedii* (El Tigrito).
- d. *Pantera Onca* (El Jaguar).
- e. *Myrmecophaga Tridactyla* (El Oso Hormiguero).
- f. *Cacajao Melanocephalus* (El Mono Chucuto).

Respecto a las aves existentes, se encuentran en la zona 1.108 especies aproximadamente. No existen aves en peligro de extinción, pero si existen dos (2) especies de aves vulnerables que podemos citar:

- a. *Pipilipe Pipilipe* (La Paja Voladora).
- b. *Arpia Harpija* (El Águila Arpía).

En la zona hay gran variedad de reptiles, los cuales representan el 70% del total de especies de esta clase que habitan en el área. La mayoría de los reptiles residen en los bosques de galería. De estos el más común es la lagartija, pero también abundan las culebras, el mato, la iguana, la baba, las tortugas y el morrocoy; mención especial merece la cascabel enana, la cual es endémica del lugar.

La alimentación de la fauna reptil es fundamentalmente entomófaga (a base de insectos), aunque hay algunas especies herbívoras (iguana y los quelonios) y depredadores de otros vertebrados, como las culebras (Consultora Caura, 1994).

2.6.1.2 Fauna íctica

La ictiofauna del río Orinoco, produce una serie de cambios en el ecosistema ocasionando alteraciones tanto en la fauna como en la flora, producto de los cambios experimentados por los miembros que existen en su entorno, adaptando sus ciclos biológicos a períodos alternos de ascenso y descenso de las aguas del río y los subsiguientes cambios en la disponibilidad de alimentos, hábitat, etc.

Se estima alrededor de 500 especies, la mayoría de ellas realizan movimientos migratorios para diversos fines, tales como reproducción, alimentación entre otros. Como ejemplos podemos citar: *Semaprochilodus Laticeps* (La Zapoara), *Prochilodus Mariae* (El Coporo), *Piaracutus Brachypomun*, y otros que conforman grandes cardúmenes, los cuales se desplazan superficialmente, generando importantes pesquerías a lo largo de su movimiento desde las zonas superior y media del delta.

En el caso de los grandes Bagres como *Brachyplatystoma Filamentosum* (Lau Lau), *Brachyplatystoma Flavicans* (El Bagre Dorado), *Brachyplatystoma Vaillanti* (El Blanco Pobre), *Hypoptalmus Edentatus* (El Bagre Paisano) y otros, el desplazamiento se hace desde el bajo delta en contacto con la zona estuarina y utilizando fundamentalmente el canal principal y las zonas profundas del río para su movimiento (Consultora Caura, 1994).

2.6.2 Flora

Según el informe de CVG TECMIN (1989) la vegetación característica del área en estudio presenta dos (2) tipos de asociación, las cuales se encuentran asociadas al paisaje fisiográfico.

2.6.2.1 Asociación de bosques en paisaje de planicie

Las comunidades arbóreas allí establecidas presentan de inundación estacional, determinado por los períodos de crecidas de los ríos Orinoco y Caroní. En cuanto a su estructura presentan una altura media a baja con tres (3) verticales mayor de dos (2) m (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Tamaño de las especies arbóreas presentes en el área de estudio (C.V.G. Técnica Minera, 1989).

Estrato	Altura	Especie
Superior	(16 m – 18 m)	Spondia Mombim, Terminalia Amazónica, Lecythis sp, Macrolobium Acaciaefolium y Couepia Paraensis.
Medio	(8m – 14 m)	Connarus Lambertii, Ph y Llanthus sp, Gustavia Augusta y Duroia Sprucel.
Inferior	(no sobrepasa los 8 m)	Gramíneas de sombra como (Streptostachys Asperifolia) La Palma (Mauritia Flexuosa)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

Citaremos trabajos previos e información bibliográfica relacionada con el sector en estudio, como por ejemplo:

Especial énfasis se desea resaltar los primeros tres (3) estudios que a continuación se mencionan debido a que de ellos se derivó en gran medida el diseño actual del canal de navegación del río Orinoco.

Tippett, Abbett, McCarthy y Stratton (1970) realizaron un estudio al canal de navegación del río Orinoco que se titula “**INFORME SOBRE EL TRANSPORTE DE MINERAL DE HIERRO DESDE PUERTO ORDAZ AL MAR**” el cual registra los primeros estudios que se realizaron en el canal de navegación del río Orinoco desde el punto de vista ingenieril, así como también diversos datos técnicos que acerca de la navegabilidad del río Orinoco, de igual manera datos referentes al tipo de sedimentos de fondo presentes en el río para la época de su diseño y de algunos factores que rigen su dinámica sedimentaria.

Corona en 1972 realizó un estudio que lleva por nombre “**PROYECTO ORINOCO**” el cual tenía como objetivo fundamental, encontrar las medidas que debían aplicarse al río Orinoco desde Matanza hasta el Atlántico para tener un mejor aprovechamiento del mismo sin perjudicar el desarrollo que pudiese llevarse a cabo en las zonas aledañas al río.

Marcucci en noviembre de 1974, realiza un estudio titulado como “**ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL DRAGADO EN EL RÍO ORINOCO**”, el cual se llevó a cabo entre la milla 42 y la milla 196 durante los períodos 1964–1973, en el mismo se aplicaron parámetros estadísticos que eran utilizados por primera vez en el canal para cálculos de volúmenes y que de una forma muy satisfactoria facilitaron la interpretación de los datos obtenidos durante las labores de dragado de mantenimiento del canal de navegación.

Bermúdez, G. y Echeverría, D. (1990), desarrollaron para la Gerencia Canal del Orinoco del Instituto Nacional de Canalizaciones un estudio titulado “**DETERMINACIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACIÓN EN EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**”, los datos sobre las pendientes estimadas en este estudio abarca al sector Aramaya lo cual es un valioso aporte que será utilizado en esta investigación.

La Consultora Ingeniería Caura, S.A, (1994), realizó el trabajo de investigación titulado “**ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL RÍO ORINOCO. TRAMO MATANZAS-BOCA GRANDE**”, en dicho trabajo se presenta una revisión exhaustiva de las características físicas de los sectores del río incluidos en el tramo Matanzas – Boca Grande, entre dichos parámetros se puede mencionar la flora, la fauna, la geología, el clima, entre otras. (pp120 – 132)

Echeverría, D. y Medina, R. (1992) desarrollaron para el Instituto Nacional de Canalizaciones el trabajo de investigación titulado: **ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES SUMERGIDOS EN EL SECTOR LOS CASTILLOS DEL RÍO ORINOCO, VENEZUELA**. Dicho trabajo tenía como objetivo general evaluar texturalmente los sedimentos del cauce del tramo fluvial mencionado (pp 23-EN43).

Este trabajo también servirá para complementar la investigación que nos ocupa ya que trata aspectos inherentes al comportamiento hidráulico y sedimentológico del río Orinoco en ese sector.

Echeverría, D. y Marín, L. (2002), prepararon para el Instituto Nacional de Canalizaciones el estudio titulado **“ESTUDIO DE LOS TALUDES SUMERGIDOS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO EN EL SECTOR Aramaya Y SU INFLUENCIA EN EL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DE DICHO SECTOR”** cuyo objetivo consistía en caracterizar la estabilidad artificial de los taludes del canal de navegación que obtenían después de las operaciones de dragado. Para el logro de los objetivos formulados en dicho estudio fue necesario también realizar la caracterización textural de los sedimentos y la descripción hidráulica del río en este sector. Los aportes de las descripciones texturales de los sedimentos serán de mucha importancia para la validación de los análisis de correlación que se ejecutan en esta investigación.

3.2 Bases teóricas

Para el desarrollo de la presente investigación es necesario sustentarla en el conocimiento general y específico hasta ahora establecido sobre la mecánica de arrastre y sedimentaria fluvial. En ese orden de ideas se presentará a continuación los principios, técnicas, procedimientos y fundamentos básicos siguientes:

3.2.1 Propiedades de los Sedimentos

Las propiedades de los sedimentos pueden ser clasificadas según la característica que muestre la partícula individualmente o en forma de conjunto.

La característica individual con mayor importancia la representa el tamaño de sus granos y frecuentemente se ha utilizado el tamaño medio, sin embargo, la forma,

la densidad y la distribución granulométrica del sedimento pueden ser muy variables de una estación del río a la otra; pudiendo esto influir en la variación del comportamiento hidráulico de un río a lo largo de un cauce (Pettijohn, 1963 en Marín, 2002).

3.2.2 Transporte de Sedimentos

Los sedimentos del lecho de un canal o río pueden estar compuestos por materiales cohesivos o no. La mayoría de los lechos están constituidos por materiales no cohesivos granular y el análisis hidráulico debe basarse en la hipótesis de que el material de fondo sea limpio, granular y no cohesivo (Pettijohn, 1963 en Marín, 2002). Además es necesario saber que los suelos cohesivos cuando son fracturados forman partículas compactas que se comportan hidráulicamente como material granular, logrando nuevamente la consolidación al encontrar un sitio de calma.

3.2.2.1 Transporte de sedimentos en suspensión

El transporte de sedimentos en suspensión se realiza normalmente sobre las partículas finas contenidas en el rango de arena fina a materiales coloidales, que dependiendo de la fuerza de las corrientes vienen acarreadas por el flujo del río (Guzmán, 1992 en Marín, 2002). Estas partículas tienden a depositarse cuando las velocidades existentes en el río se reducen por debajo de un valor crítico y también como consecuencia de la floculación de las partículas coloidales, debido a la mezcla de aguas salinas con aguas dulces cargadas de partículas finas.

3.2.2.2 Transporte de sedimento de fondo

Se rige por partículas más gruesas comprendidas en el rango de limos hasta gravas y que son transportadas cerca o dentro de las capas superiores del fondo del canal debido a varios mecanismos.

La mayor cantidad de sedimentos transportados en suspensión tiende a depositarse hacia la desembocadura del río, por el fenómeno de floculación ya citado, así como también en zonas del río de aguas más tranquilas, formando depósitos de limo o arcilla, mientras que los sedimentos transportados en el fondo se depositan a lo largo del curso del río, cuando la competencia de este se reduce bruscamente (Guzman, 1992 en Marín, 2002).

3.2.3 Morfología Fluvial

El patrón de los ríos en una cuenca fluvial, está controlado por variables como la pendiente y la consistencia del terreno, el tipo de carga de sedimentos, el caudal, el ancho y profundidad, la estructura geológica, la vegetación y el clima. Estos actuando en forma combinada producen rasgos morfológicos característicos. La naturaleza oscilatoria de los ríos meándricos, puede ser atribuida posiblemente a la inestabilidad transversal de flujo de canal, confinado dentro de los límites deformables y en números de Reynolds altos (Chang, 1988).

La incidencia en un canal viene dado por un parámetro denominado “parámetro de trenzado”, el cual está definido por el número de barras en el canal, por la longitud de onda del meandro; un sistema múltiple de canales posee un parámetro trenzado mayor que uno, mientras que un sistema de un sólo canal posee un parámetro trenzado menor que uno.

En cuanto a la pendiente del lecho del canal, ésta se relaciona con el caudal a través de la siguiente ecuación (Guzmán, 1992 en Marín, 2002):

$$P = 0.013 Q^{-0.44} \quad (3.1)$$

Donde P es la pendiente y Q es el caudal en su más alto nivel, en m/s. Para un caudal específico, los ríos trezados tienen su ocurrencia sobre en pendientes mayores a la resultante de la ecuación anterior, mientras que los canales meándricos ocurren donde la pendiente es baja (menores a los obtenidos por la ecuación 3.1).

Los procesos de sedimentación en meandros se suceden dentro del canal y en el interior de la curvatura. Una partícula de agua sigue una trayectoria espiral que la traslada de superficie a fondo y de margen interno a margen externo. Esto se debe a que el flujo de la curvatura produce un exceso de presión de fluidos sobre el margen externo y un déficit en el margen interno. El gradiente de presión radial es balanceado por la fuerza centrífuga, pero en el lecho, este gradiente está fuera de balance debido a pérdidas por fricción (Chang, 1988).

En consecuencia el agua se mueve hacia adentro sobre el lecho y hacia el margen interno. Esta circulación en espiral (Figura 3.1) invierte su dirección con cada cambio de curvatura y es responsable de la distribución asimétrica de esfuerzos de cizalla sobre el lecho y márgenes del canal.

El esfuerzo máximo (erosión), ocurre sobre el margen externo y contribuye a su socavación y a su vez a la profundización del canal. El sedimento incorporado por erosión es transportado a través del canal o es dispersado por turbulencia en forma de carga suspendida, depositándose en el margen interno de los meandros río abajo en barras de meandros.

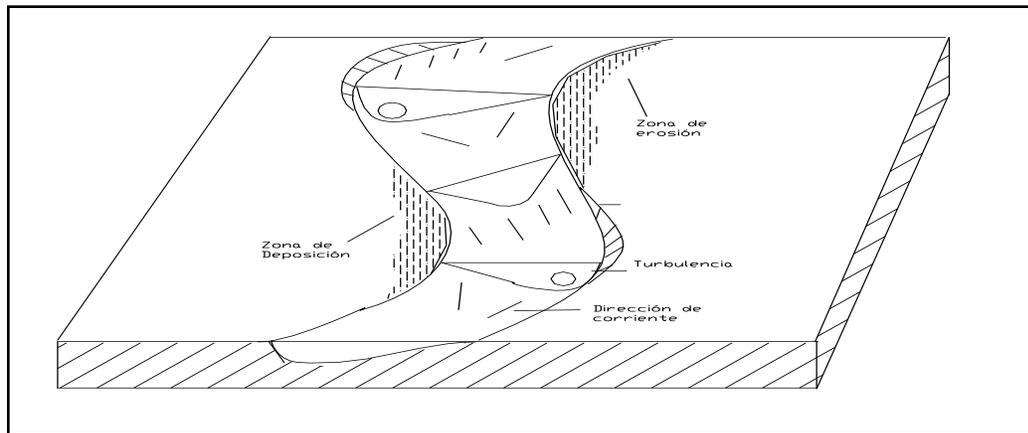


Figura 3.1 Proceso de circulación espiral de dos meandros (Friedman y Sanders, 1972).

3.2.4 Estudio del movimiento incipiente

El movimiento incipiente es importante en el estudio del transporte de sedimentos, degradación de canales, y diseño de canales estables. Debido a la naturaleza estocástica del movimiento de los sedimentos a lo largo de un lecho aluvial, es difícil definir con precisión con cuales condiciones de flujo una partícula de sedimento comenzará a moverse. Consecuentemente, esto depende más o menos de la definición del investigador de movimiento incipiente. “Movimiento inicial,” “movimiento del grano,” “despertar del movimiento” y “movimiento crítico” son algunos de los términos usados por diferentes investigadores. A pesar de estas diferencias de definición, se han hecho progresos significativos en el estudio del movimiento incipiente, teórica y experimentalmente (Yang, 1996).

Las fuerzas actuantes en una partícula esférica de sedimento en el fondo de un canal abierto se muestran en la Figura 3.2. En ríos, los taludes de canales son tan pequeños que la componente de la fuerza gravitacional en la dirección del flujo pueden ser despreciadas comparadas con otras fuerzas actuantes en una partícula de sedimento esférico. Las fuerzas a ser consideradas son la fuerza de arrastre F_D , la

fuerza de alzamiento F_L , el peso sumergido W_s , y la fuerza de resistencia F_R . Una partícula de sedimento está en estado de movimiento incipiente cuando es satisfecha una de las siguientes condiciones:

$$F_L = W_s \quad (3.2)$$

$$F_D = F_R \dots\dots\dots (3.3)$$

$$M_O = M_R \quad (3.4)$$

Donde M_O es el momento de sobregiro debido a F_D y F_R , y M_R es el momento resistente debido a F_L y W_s .

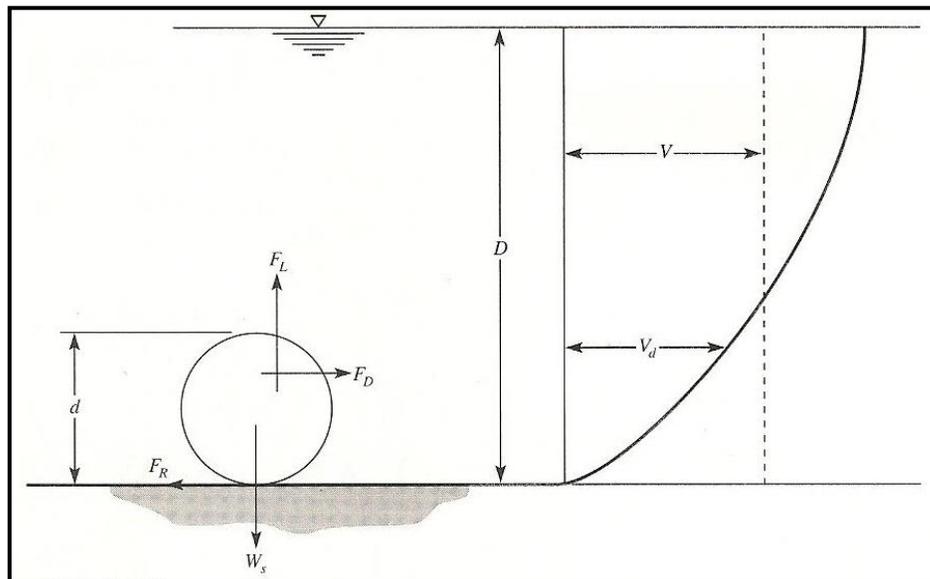


Figura 3.2 Diagrama de fuerzas actuantes en una partícula de sedimento en el flujo de un canal abierto (Van Rijn, 2000).

Además, el criterio de movimiento incipiente es derivado de otros como el esfuerzo cortante o aproximaciones de la velocidad (Yang, 1996).

3.2.4.1 Criterio de la velocidad permisible

Según Chow (1988), la velocidad máxima permisible o velocidad no erosionante es la mayor velocidad promedio que no causará erosión en el cuerpo del canal. Esta velocidad es muy incierta y variable, y sólo puede estimarse con base en experiencia y criterio. En general, los canales viejos y que han soportado muchos periodos hidrológicos permiten velocidades más elevadas que los canales nuevos, asumiendo que las condiciones del lecho de un canal viejo se encuentran estables, en particular con la sedimentación de materia coloidal. Cuando otras condiciones son iguales, un canal más profundo conducirá el agua con una velocidad media más elevada sin erosión que un canal poco profundo. Es probable que esto se deba a que la socavación primordialmente es causada por las velocidades cerca del fondo y, para la misma velocidad media, las velocidades cercanas al fondo son mayores en canales poco profundo, así como también serán elevadas en los taludes del canal.

3.2.5 Análisis granulométrico

Consiste en clasificar por tamaño los granos que lo componen. Un análisis de esta clase expresa cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el sedimento. La forma de realizarlo es por medio de una serie de tamices que definen el tamaño de las partículas (UDO, 2001) (Tabla 3.1).

3.2.6 Escala granulométrica

La escala comúnmente empleada en la actualidad por los sedimentólogos es la de Udden-Wentworth, (1922), que toma el milímetro como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño para una partícula sedimentaria y emplea la razón $\frac{1}{2}$ para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño de 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, etc.

			ino	F	0			
			Arcilla	ruesa	G	0	/16- 1/4096	Pasa por el Tamiz N° 200
			edia	M	0			
			ina	F	<			
					0,001			
					0,016- 0,004			Lutitas/ Argilitas

3.2.7 Movimiento de los sedimentos

Los sedimentos pueden movilizarse en un ambiente fluvial siguiendo tres patrones: carga de lecho movida por tracción, carga de lecho movida por saltación y carga suspendida. Sin embargo, para que el movimiento del sedimento se concrete debe producirse antes el movimiento incipiente de las partículas que puede ser estimado utilizando modelos empíricos como los de Hjulstrum, Van Rijn, Shields o Visher.

3.2.8 Modelo de Hjulstrum (1935)

Para el proceso de erosión, transporte y sedimentación son diferentes sectores de cursos fluviales condicionados por el tamaño, densidad y forma de los sedimentos.

El diagrama de Hjulstrom, relaciona diferentes granulometrías de sedimentos con una velocidad de corriente de agua a las cuales son erosionadas, transportadas y sedimentadas (Figura 3.4) (Allen, 1965).

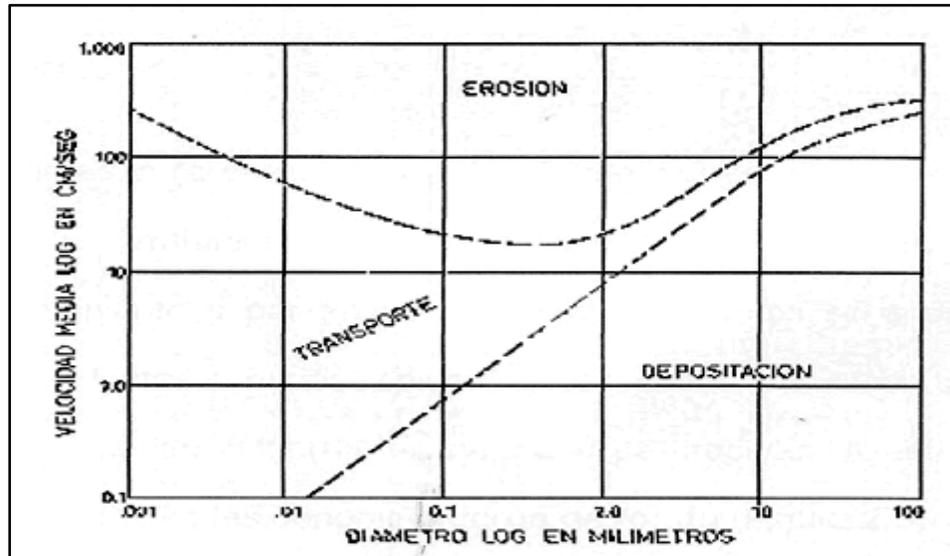


Figura 3.3 Diagrama de Hjulstrum (1935). (Allen, 1965).

Analizando las curvas de erosión/transporte y transporte/ sedimentación del diagrama se verifica que cada granulometría se comporta de forma distinta a diferentes velocidades de la corriente (Allen, 1965).

La curva de transporte/sedimentación, pone en evidencia que como aumenta la velocidad, pueden ser transportada de diámetros cada vez mayores, al paso que para una misma granulometría o trabajo de sedimentación realizado aumenta siempre, que la velocidad de corriente disminuye.

Consecuentemente a velocidades de corrientes va disminuyendo o el diámetro de materiales en transporte o depositados va siendo menor. Este fenómeno designa por selección granulométrica esta bien evidenciada en la Figura 3.5 (Reineck y Sing 1990).

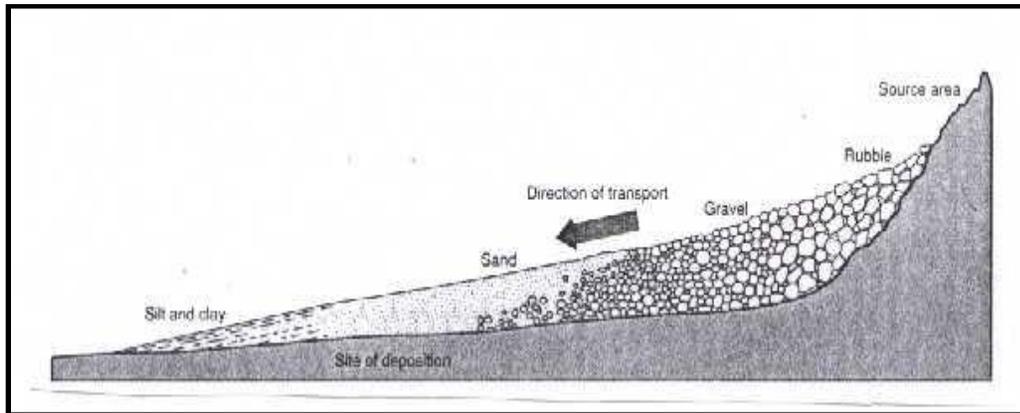


Figura 3.4 Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing, 1990).

Otro tipo de material seleccionado a lo largo de los ríos y su separación por densidades. En este caso los materiales se van sedimentando siempre que el agua tenga la capacidad para mantenerlas en movimiento. De esta forma, se originan algunas concentraciones de minerales de interés económico como: oro, plata, etc. Un curso superior o medio de los ríos, independientemente de su diámetro. (Reineck y Sing, op. cit).

Analizando la curva de erosión/transporte del diagrama de Hjulstrom se verifica claramente que para el arranque de partículas de los márgenes del lecho es necesario una velocidad de corriente superior que se requiere para transportar y sedimentar. (Reineck y Sing, op. cit).

Por otro lado, se puede verificar que para sedimentos de dimensiones pequeñas existe una excepción en una recta para observar una subida en la curva del lado izquierdo del diagrama.

Este muestra que para los sedimentos más finos, la arcilla requiere una velocidad de corriente mayor para provocar erosión en las arenas. Este fenómeno se

debe principalmente a la forma de las partículas arcillosas y a las fuerzas electrostáticas entre ellas. (Reineck y Sing , op. cit).

Las cargas eléctricas de la superficie de las partículas provocan una atracción entre ellas, dando origen a una masa cohesiva que resiste la erosión. Algunas dimensiones, densidades y formas de los sedimentos también determinan el tipo de transporte efectuado. Una carga solida transportada por un curso de agua puede ser asi mismo subdividida en carga de fondo, carga de suspensión y carga de saltación. Una carga de fondo constituye sedimentos gruesos y densos que son transportados sobre o próximos al lecho del río e influye el transporte por tracción y saltación. Un transporte por tracción sobre el fondo del lecho puede ser subdividida en dos tipo: rodamiento y arrastre causando una forma de sedimento, redondeada o laminar respectivamente. Una carga de suspensión constituida por sedimentos como las arcillas, que son suficientemente pequeñas para permanecer en suspensión indefinidamente por turbulencia de agua. Una apariencia lodosa de un curso de agua durante una intensa precipitación, por ejemplo: una elevada cantidad de carga en suspensión.(Silva y Alcala, 2005)

Una saltación es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos arenosos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del rio. Constituye asi mismo, un transporte intermedio entre tracción y suspensión.(Figura 3.6).

Una carga de solución comprende disoluciones tales como: sódio, cálcio, potasio, bicarbonato, cloro, etc., provenientes de procesos de meteorización química.

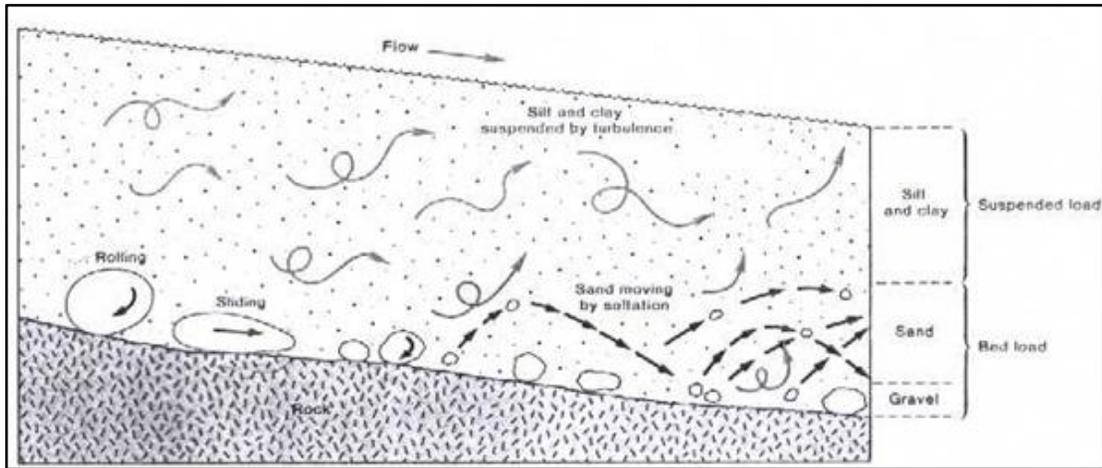


Figura 3.5 Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing, 1990).

3.2.9 Método de Visher

Estas curvas de frecuencia acumulativa, deben ser derivadas de los análisis de laboratorio en cuanto a ensayos para la determinación de la distribución granulométrica de las muestras de sedimentos analizadas; según las normas de calidad y especificaciones. En la Figura 3.7 se muestra la forma de las curvas de frecuencia acumulativa en estos flujos.

Se puede decir que la velocidad de la corriente en una sección dada de cauce no es uniforme en todos sus puntos, pues el agua en contacto con el fondo, las paredes sufren retardo por fricción.

Estas características son de gran importancia tanto en el tipo de sedimento que puede ser transportado, así como las estructuras que se desarrollan sobre los materiales del fondo. Tratando de explicar gráficamente la relación existente entre el tamaño del grano de las partículas transportadas (según las clasificaciones internacionales), y la velocidad de transporte de las mismas; se desarrollan estudios geológicos donde algunos geólogos pueden inferir las velocidades de sedimentación de corriente antiguas desde el tamaño de granos en rocas sedimentarias.

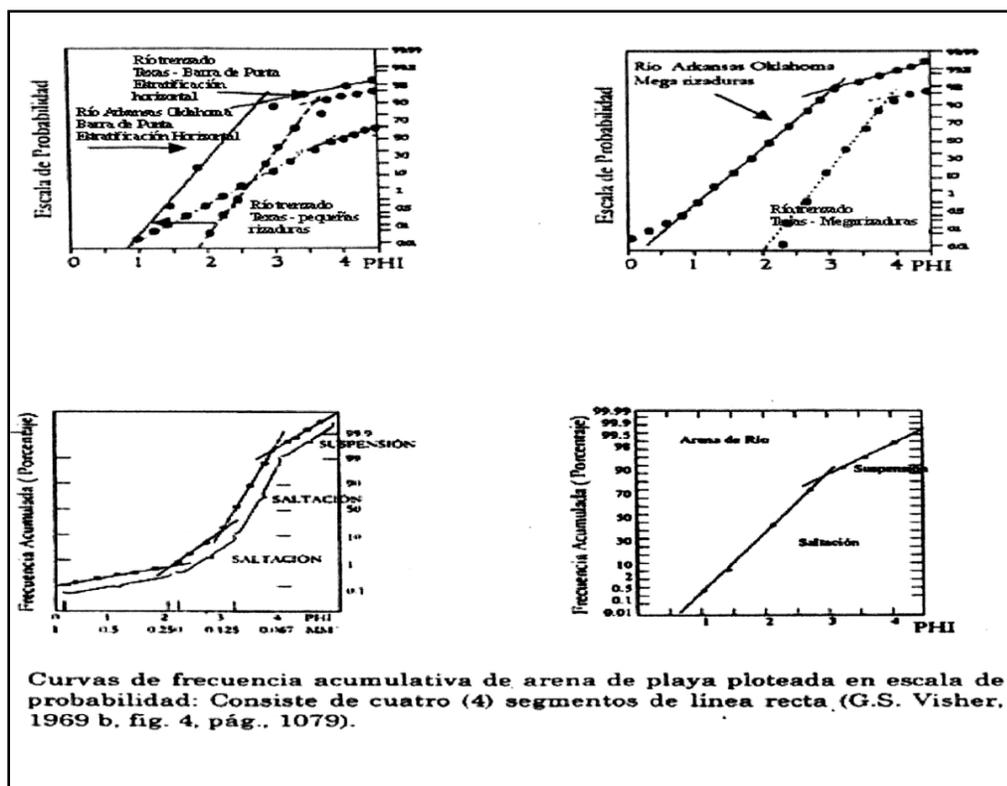


Figura 3.6 Curvas de la distribución de tamaño de grano (Modificado de Visher, 1969).

3.3 Bases legales de la investigación

3.3.1 Decreto Con Rango, Valor y Fuerza De Ley de Canalización y Mantenimiento de las Vías de Navegación (2008),

Sobremanera en los Artículos 3º y 6º, citados a continuación:

Artículo 3º: “El presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley tiene por finalidad regular las acciones relacionadas con transformación y conservación de espacios en vías adecuadas a la navegación acuática para garantizar la accesibilidad permanente y segura de buques y accesorios de navegación”.

Artículo 6º: “A los efectos del presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley se entiende por:

Canalización: Las actividades relacionadas con el diagnóstico, estudio, análisis, diseño y ejecución de obras que permitan la transformación de espacios acuáticos restringidos, en vías de navegación seguras.

Mantenimiento: Aquellas acciones de dragado, hidrografía y de preservación de sistemas de señalización, que tienen como finalidad garantizar permanentemente el acceso y navegación segura de dichas vías.

Dragado: La operación de limpieza de los sedimentos en cursos de agua, lagos, bahías, accesos a puertos para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río para aumentar la capacidad de transporte de agua, evitando así las inundaciones aguas arriba. Con ello se pretende aumentar el calado de estas zonas para facilitar el tráfico marítimo por ellas sin perjuicio para los buques, evitando el riesgo de encallamiento.

Hidrografía: Consisten en el levantamiento del lecho del canal, vía de navegación y áreas cercanas con la finalidad de analizar la condición de profundidad que presentan estos.

Infraestructura hidráulica: Toda intervención que conlleve al dragado, señalización e hidrografía de los espacios acuáticos.

Accesorios de navegación: Los equipos flotantes que no tienen propulsión propia”.

A partir de lo descrito en estos artículos, se entienden conceptos sustanciales tratados en el problema planteado, dedicado a la racionalización de proyectos para canalizar vías navegables en el área de estudio.

3.3.2 LEY DE AGUAS DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2007)

Según lo establecido en los Artículos 1º, 3º, 4º y 6º se observa una importante relación con los objetivos y justificación de este trabajo. Se citan los artículos:

Artículo 1º: “Esta Ley tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés de Estado”.

Artículo 3º: “La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y

aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los, ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país”.

Artículo 4º: “La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

- Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.
- Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes”.

Artículo 60º: “El uso de las aguas debe adecuarse a la disponibilidad del recurso, a las necesidades reales de la actividad a la que se pretende destinar, al interés público y a las previsiones de los planes de gestión integral de las aguas”.

3.3.3 Normas para Regular las Actividades Capaces de Provocar Cambios de Flujo, Obstrucción de Cauces y Problemas de Sedimentación (1992),

Se acotan los Artículos 1º, 3º, 5º y 6º de estas Normas puesto que se debe tener en consideración una proyección futura a los resultados de un proyecto como el propuesto en este trabajo de investigación. Así, los artículos previamente mencionados enuncian:

Artículo 1º: “Las presentes normas tienen por objeto controlar el desarrollo de actividades que por generar cambios en los sistemas de control de obras hidráulicas, obstrucción de cauces y escorrentías y producción artificial de sedimentos, son susceptibles de ocasionar daños tales como inundaciones, déficit en la distribución de aguas, inestabilidad de cauces y alteración de la calidad de las aguas”.

Artículo 3º: “Se consideran actividades capaces de provocar cambios de flujo, obstrucción de cauces y problemas de sedimentación, las siguientes:

Construcción de obras de infraestructura ejecutadas en el área de influencia de cuerpos de agua que puedan afectar, alterar o modificar la red de drenaje.

Movimientos de tierra y cambios de la topografía.

Las que tengan por objeto la canalización, derivación, diques o tomas de los cuerpos de aguas.

Las que contribuyan a alterar el caudal ecológico del cuerpo de agua.

Todas aquellas que propendan a modificar el régimen hidrológico o el balance de erosión, transporte o acumulación de sedimentación en los cuerpos de agua”.

Artículo 5º: “Cualquier proyecto, actividad u obra que contemple el encauzamiento, alineamiento, revestimiento o protección de los canales, deberá garantizar su eficiente funcionamiento, con la finalidad de evitar el desbordamiento, erosión y disposición de sedimentos”.

Artículo 6º: “La excavación y disposición de materiales y sedimentos en los canales, podrá realizarse siempre y cuando se mantenga la capacidad hidráulica de los mismos, a los fines de evacuar los flujos de las crecientes”.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Barras

Las barras son sedimentos típicos de un río con meandros que se forman por migración lateral del meandro, ya sea en una llanura aluvial o en una llanura deltaica. (Rodríguez y Ferrer, 1998).

3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas)

Son transportados por tracción sobre el fondo, se desplazan manteniendo contacto con el fondo del cauce bien sea por rodamiento, deslizamiento o por saltación. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.3 Los sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)

Son transportados, en suspensión, es decir mantenidas por elementos ascendentes del flujo en los turbulentos remolinos de la corriente, superponiéndose verticalmente (agradación). (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.4 Carga de fondo

Es un conjunto de materiales transportados. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.5 Carga en suspensión

Fracción de materia que se sitúa en el toque de las barras y las orillas (depósito de desbordamiento). (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.6 El número de Froude

Cuando el flujo es descrito como supercrítico $Fr > 1$ y cuando se describe como subcrítico $Fr < 1$. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.7 Patrón de drenaje

Define la configuración que ofrece el canal o el conjunto de estos, cuando se observa el mapa, vistas o fotos aéreas. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.8 Caudal

Definida como el volumen de agua que atraviesa una sección transversal de la corriente por unidad de tiempo. Se expresa en metros cúbicos por segundo, la carga se puede obtener utilizando la velocidad y multiplicándola por el área A de la sección transversal que expresado en forma de la ecuación es:

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (3.7)$$

Dónde:

Q= Caudal

A= Área de la sección (Chow, 1994).

3.4.9 Saltación

Es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del río. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.10 Suelo

Se puede definir como el material no consolidado o semiconsolidado compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, minerales, compuestos litológicos, cantidades y clases de materias orgánicas. Los cuales se encuentran sobre la superficie terrestre como son: gujarros, arenas, limos, arcillas, materiales turbosos, etc.

La capa superficial de la tierra rica en material orgánico, se designa con el nombre de capa vegetal. Los suelos derivan de las rocas que por los procesos geológicos (tectonismo) originan que la roca sea fracturada o plegada luego por los procesos de alteración se originan los suelos. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.11 Estructuras

Deposición y orden de las partes de la corteza, es decir, los diferentes plegamientos de la corteza. En el sentido geológico se habla de estructuras macizas, sedimentarias, plegadas, falladas, etc. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.12 Perfil Longitudinal

Es el desarrollo sobre un plano de la sección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal de la carretera, empleando una recta vertical como generatriz. En esta vista se sintetiza gran parte de la información necesaria para la construcción de la carretera, expresada tanto de forma gráfica como numérica (Real Academia Española. 2012).

3.4.13 Perfil Transversal

Se obtiene seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje. En él se definen geoméricamente los diferentes elementos que conforman la sección transversal de la vía: taludes de desmonte y terraplén, cunetas, arcenes, pendientes o peraltes (Real Academia Española. 2012).

3.4.14 Subcuenca

La superficie de terreno cuya esorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos) (Real Academia Española. 2012).

3.4.15 Termógrafo

Aparato que registra gráficamente la temperatura (Real Academia Española. 2012)

3.4.16 Turbulento

Se dice del movimiento de un fluido en el que la presión y la velocidad en cada punto fluctúan muy irregularmente, con la consiguiente formación de remolinos (Real Academia Española. 2012)

3.4.17 Variable

Es una propiedad o elemento que puede tomar valores (Real Academia Española. 2012).

3.4.18 Vertedero

Es una estructura de control de aprovechamientos hidráulicos o bien como estructura para medición de caudales en obras de saneamiento, su aplicación es muy difundida y una de las razones es porque permiten tener un adecuado control del caudal por encima de su cresta siendo necesario únicamente medir una variable que es el tirante sobre dicha cresta (Nociones sobre orificios y vertederos, Tipos de escurrimiento uniforme en canales, remansos y resaltos, y su relación con la sedimentación y la corrosión en cloacas, (Real Academia Española. 2012).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Arias, F. (2012), esta investigación se considera de nivel descriptivo “se encarga de buscar la caracterización de los hechos mediante las relaciones de causa – efecto”. Ahora bien, se afirma que la presente investigación es descriptiva por cuanto se darán las características granulométricas de los sedimentos a lo largo del canal de navegación del río Orinoco en el sector Aramaya, y se cuantificará la carga de sedimentos registrados en las secciones de aforo de dicho sector durante el período 1998 al 2002

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Investigación de campo

Según los autores Palella y Martins, (2010), definen que la investigación que utiliza un diseño o estrategia de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables.

En ese sentido, se dice que la presente investigación utiliza una estrategia o diseño de campo ya que algunos de los datos y características físico naturales del sector Aramaya, las infraestructuras de medición limnigráficas y las condiciones del el clima y la vegetación fueron observados directamente en la zona de estudio.

4.2.2 Investigación documental

Según el autor Arias, F. (2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p.27)

De esta manera, se dice que la investigación aquí planteada es documental porque se utilizará información como los registros climatológicos que fueron captados, registrados por la CVG EDELCA, C.A. y almacenados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). Asimismo, se utilizarán fuentes cartográficas y registros de aforos provenientes del Instituto Nacional de Canalizaciones (INC).

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

La población según Balestrini, M. (1997), se define como "cualquier conjunto de elementos de la que se quiere conocer o investigar alguna de sus características". (P 126).

En el presente caso se considerará como población de la investigación todos los datos de los registros de aforos correspondientes a la sección de medición de aforos ubicada en San Roque en el sector Aramaya realizados durante el período 1998 al 2002..

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Balestrini, M. (1997), se define como: "una parte o subconjunto de la población" (p.130); ésta podrá representar o no en buena forma a la población y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se desee realizar y de acuerdo a la profundidad del mismo, donde hay que considerar varios factores entre ellos el tipo de distribución y el nivel de significación estadística, para poder seleccionarla, lo cual forma parte de la estadística inferencia.

La muestra de la investigación, debido a las características finitas de la población, será considerada de igual a magnitud a esta.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar distintos instrumentos de recolección, como lo define Sabino, (1992): "Un instrumento de recolección de datos, en un principio es cualquier recurso del que se vale un investigador para acercarse a fenómenos y extraer de ellos información". En tal sentido, y en relación a los objetivos definidos en el presente estudio ubicado en un contexto de investigación descriptiva, se utilizarán diversas técnicas de recolección de datos para cumplir con las metas propuestas.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Observación directa

Tamayo y Tamayo, (2004), define observación directa como: "Aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación".

Mediante la observación directa, se hará un reconocimiento visual del área de estudio a fin de verificar las condiciones en las que se encuentra en cuanto a la topografía, vegetación, condiciones de las riberas, islas entre otros aspectos presentes en el sector. Cabe destacar que esta técnica es una de las que consolida la estrategia de la investigación de campo.

4.4.1.2 Revisión literaria

La revisión literaria, permitirá extraer las bases teóricas y los antecedentes del problema de investigación, sirviendo como herramientas documentales que sustenten el trabajo propuesto, como lo expresa Tamayo y Tamayo, (2004): “la revisión literaria es el fundamento de la parte teórica de la investigación y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado”.

4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas

La realización de entrevistas es una técnica de recolección muy significativa, a través de ésta se obtendrá información valiosa y de interés, permitiendo aclarar las dudas existentes sobre el tema en estudio. Tal como lo expresa Sabino, (1992): “de un modo general una entrevista no estructurada, es aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”.

Estas entrevistas no estructuradas fueron hechas a los habitantes de las riberas del río Orinoco en el sector Aramaya,. Entre las preguntas efectuadas se realizaron las siguientes:

¿Cuál es el nivel del agua alcanzado por el río en aguas altas y en estiaje?,

¿Afloran islas durante la época de estiaje?,

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se entiende por instrumentos para la recolección de datos a cualquier herramienta, dispositivo, equipo o instrumento que permita registrar sistemáticamente el proceso de recolección de los datos e información que se emplearán en el desarrollo de la investigación.

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaran en esta investigación son:

1. GPS
2. Cámara Fotográfica Digital,
3. Equipos de comunicaciones, radios VHF y teléfonos celulares,
4. Computadora portátil,
5. Programas de ofimática, de diseño gráfico e Internet
6. Imágenes satelitales Landsat de Google Earth de la zona.

4.5 Flujograma de la investigación

A continuación se presenta un flujograma en el cual se han representado las actividades relevantes vinculadas a los objetivos específicos formulados anteriormente en este documento.

Este flujograma que se presenta a continuación no pretende ser un instrumento que permita llevar un control sobre el cumplimiento de las actividades involucradas en el proyecto pero si puede ser un señalador de todas las actividades relevantes requeridas e indicar un camino tentativo para su ejecución.

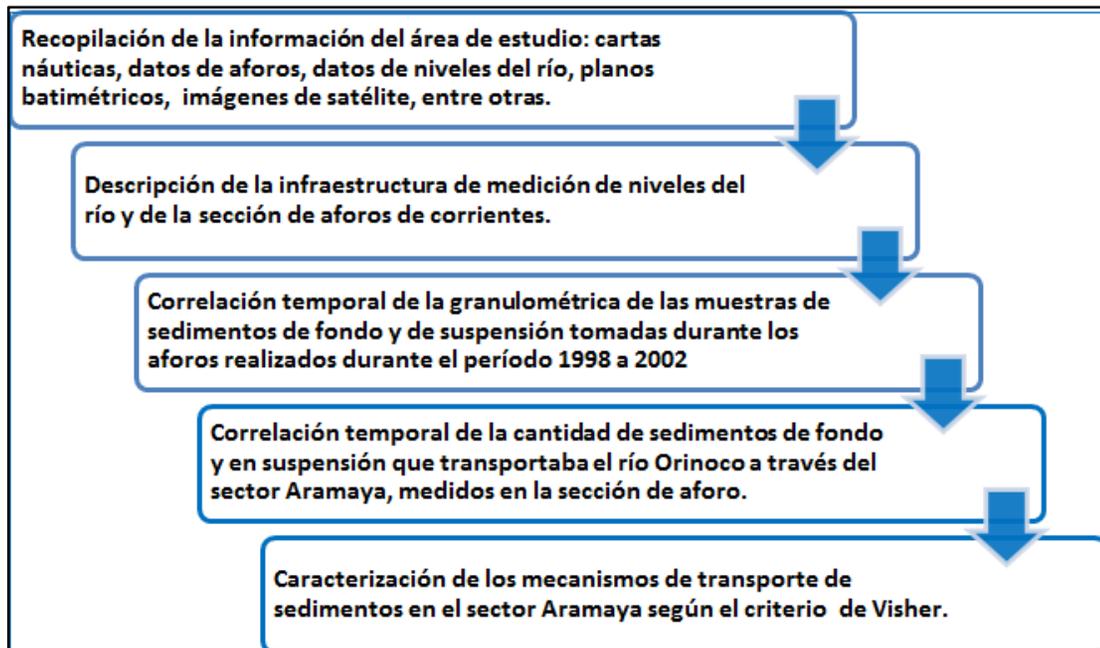


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos específicos

A continuación se efectuará un breve esbozo de las actividades que han de realizarse para la obtención cabal de los objetivos específicos que se han formulado en esta investigación. En tal sentido, los pasos requeridos para la realización de la presente investigación serán los siguientes:

4.6.1 Recopilación de datos e información bibliográfica

Está comprendida por la búsqueda y selección de todo material que proporciona información sobre el tema estudiado referente a la infraestructura de medición de niveles del río, registros de aforos en el río Orinoco, imágenes de satélite Landsat del sector en estudio, cartas cauticas y planos batimétricos del sector Aramaya, tesis y toda la información que puede ser obtenida a través de internet.

Esta información se obtendrá a través de las instituciones estatales que administran las operaciones de mediciones, registro y resguardo de la información, tales como: el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), la CVG Gerencia Canal de Navegación del Orinoco (CVG-GCNO), el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), entre otras.

4.6.2 Descripción de la infraestructura de medición de niveles y de la sección de aforos

Se efectuará un reconocimiento en campo de las características físicas de las estaciones limnigráficas existentes en el sector Aramaya.

Asimismo, se describirán las características de las secciones de aforo existentes en dicho sector y los criterios de elección de la sección de aforo adecuada para efectos del estudio que se plantea en este documento.

Efectuar o recopilar los datos sobre el análisis granulométrico (bajo la norma ASTM D421 y D422). Cabe destacar que estos datos texturales serán utilizados para los diferentes modelos de movimiento de sedimento.

4.6.3 Describir los parámetros hidráulicos principales del área de estudio registrados durante el período 1998 al 2002

En el primer lugar, se seleccionan los niveles máximos y mínimos del río, correspondientes al histórico de mediciones de la estación Palúa (1943 – 2021) en San Félix y se realizará su proyección para construir los respectivos hidrogramas de niveles máximos y mínimos para el sector Aramaya. Posteriormente, se construyen los hidrogramas correspondientes a los cinco (5) años del período de estudio (1998 al 2002) siguiendo el procedimiento de proyección de niveles a partir de las lecturas de nivel del río en Palúa hasta la sección de aforo en San Roque.

Se efectúa la correlación gráfica de los niveles del río, velocidades de la corriente y caudales medidos en la sección de aforo de San Roque.

Se construirán las secciones transversales de distribución de las velocidades de corriente medidas en la sección de aforos de San Roque entre el año 1998 y 2002.

4.6.4 Correlación temporal de la granulometría de las muestras de fondo y en suspensión

Para ello se considerarán los análisis granulométricos de las muestras tomadas en la sección de San Roque y se compararán las correspondientes a los cinco años involucrados en la investigación (1998 – 2002)

4.6.5 Correlación temporal de la cantidad de sedimentos de fondo y en suspensión

Considerando la cantidad y concentraciones de sedimentos de fondo y en suspensión medidos y registrados para cada año del período de estudio y efectuarán las comparaciones respectivas de cantidades y concentraciones por tipo de sedimento para cada año.

Posteriormente, se compararán los mecanismos causantes del movimiento de las partículas, bien es sabido son la tracción o rodamiento, la saltación y la suspensión. Utilizando el criterio o método de Visher se delimitarán los rangos de tamaño y las fracciones porcentuales de tamaños de partículas que se mueven según cada uno de estos tipos de mecanismo y se compararán según las mediciones efectuadas cada año..

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización de las estaciones limnimétricas y las secciones de aforo existentes en el tramo de estudio.

En el sector Aramaya existe una estación limnimétrica operativa en la zona aguas arriba del sector, específicamente anclada en el afloramiento rocoso de Punta Piedra a la altura de la progresiva milla 169. Por otro lado, en el sector se encuentran materializadas tres (3) estaciones de aforos, denominadas:

Tabla 5.1 Coordenadas UTM de ubicación de las secciones de aforo

Denominación	Código	Ribera izquierda		Ribera derecha	
		Coordenada Norte	Coordenada Este	Coordenada Norte	Coordenada Este
San Roque	S10	942005	554215	940215	554892
Múcura Norte	S9	942640	651655	940014	552974
Múcura Sur	S8	938990	552652	937984	553435

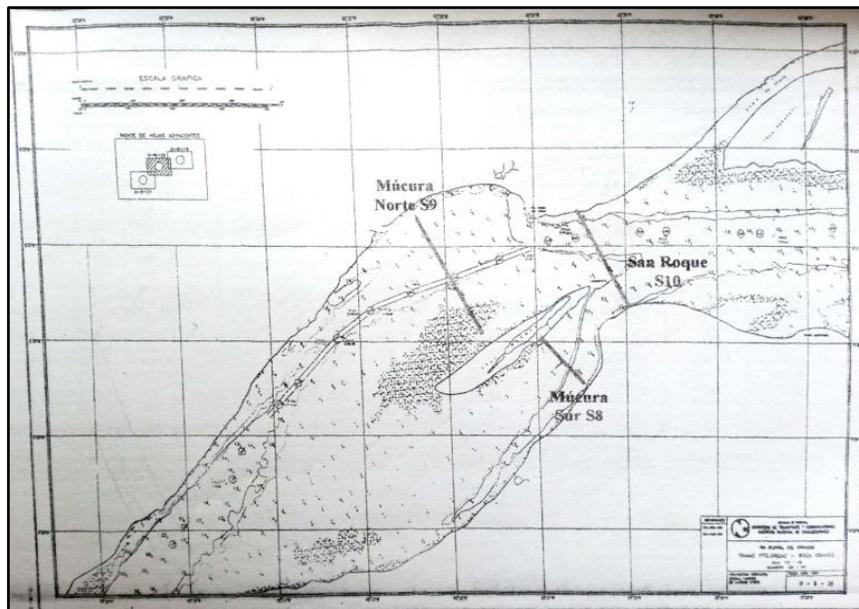


Figura 5.1 Disposición de las secciones de aforo del sector Aramaya.

Cabe destacar que aun cuando se han efectuado mediciones en las tres (3) secciones de aforos antes mencionadas, es notorio de que las mediciones de aforos se han efectuado con mayor regularidad en la sección de San Roque (S10).

Ahora bien, hasta la primera década del presente siglo el Instituto Nacional de Canalizaciones estuvo sistemáticamente ejecutando las campañas de aforos del río Orinoco correspondientes a cada una de las fases del ciclo hidrológico del río. En ese sentido, se realizaban aforos en cada uno de los períodos siguientes:

- a) Aguas bajas: enero, febrero y marzo
- b) Aguas medias ascendentes: abril, mayo, junio
- c) Aguas altas: julio, agosto y septiembre
- d) Aguas medias descendentes: octubre, noviembre y diciembre

Tabla 5.2 Inventario de mediciones de aforos realizadas en el sector Aramaya durante el período 1998 al 2002.

Año	Secciones de aforos medidas			
	Aguas bajas	Aguas medias ascendentes	Aguas altas	Aguas medias descendentes
1998	8, 9, 10			8, 9, 10
1999	9, 10		10	8, 9, 10
2000	8, 9, 10	8, 9, 10	8, 9, 10	8, 9, 10
2001	9, 10	10	9, 10	10
2002	10			

5.2 Caracterización de las variaciones de los niveles del río Orinoco en el sector Aramaya durante el período 1998 – 2002

Para la caracterización de niveles del río en el sector Aramaya se procederá a realizar la proyección espacial de los niveles del río Orinoco desde la estación Palúa ubicada en el muelle de la CVG Ferrominera Orinoco en la ribera derecha

descendente hasta la milla 169.0 en Punta Piedra en el sector Aramaya mediante el uso del gráfico de Ábaco de las pendientes hidráulicas del río Orinoco (Apéndice A).

En ese sentido, se construirán los hidrogramas del río Orinoco correspondientes a cada año involucrado en el quinquenio de estudio (desde el año 1998 hasta el año 2002).

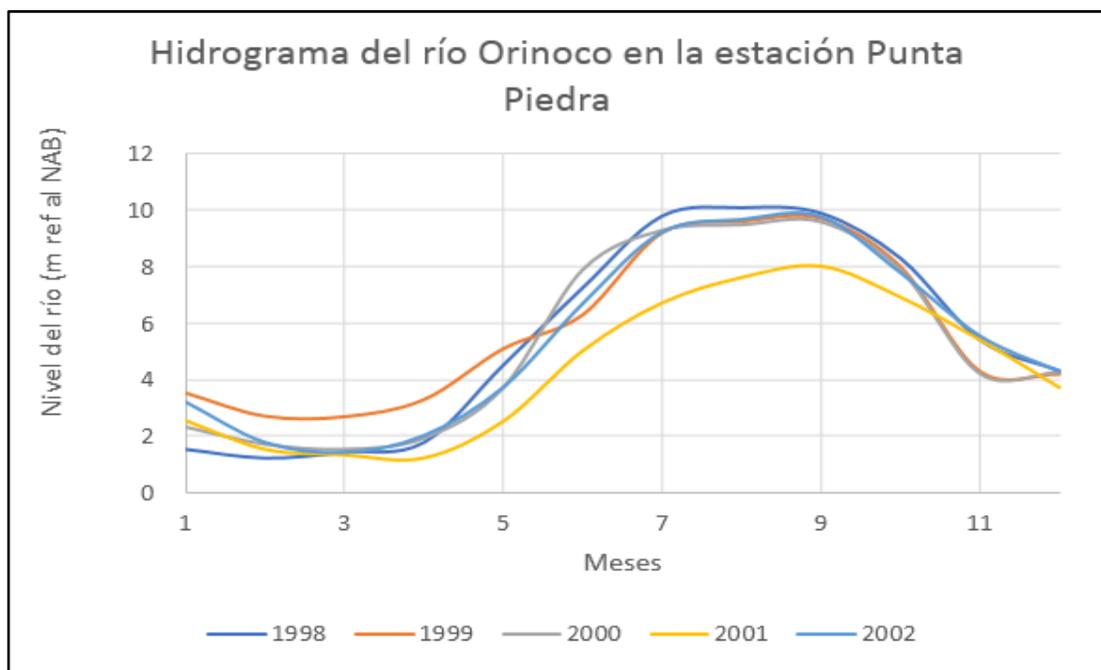


Figura 5.2 Hidrogramas del río Orinoco en la estación limnigráfica de Punta Piedra en el sector Aramaya (milla169).

Sin embargo, para entender de mejor manera las variaciones de niveles de río en el sector Aramaya, se presenta a continuación la correlación de los niveles de la superficie del agua, con los caudales medidos y las velocidades del flujo.

Cabe destacar que la correlación mostrada en la figura 5.2 fue construida utilizando los datos resultantes de las campañas de aforos efectuadas en la sección de aforo S10 por un período superior al quinquenio considerado en este estudio. Tal

circunstancia se debió a la necesidad de contar con datos suficientes para hacer posible la construcción de la correlación comentada.

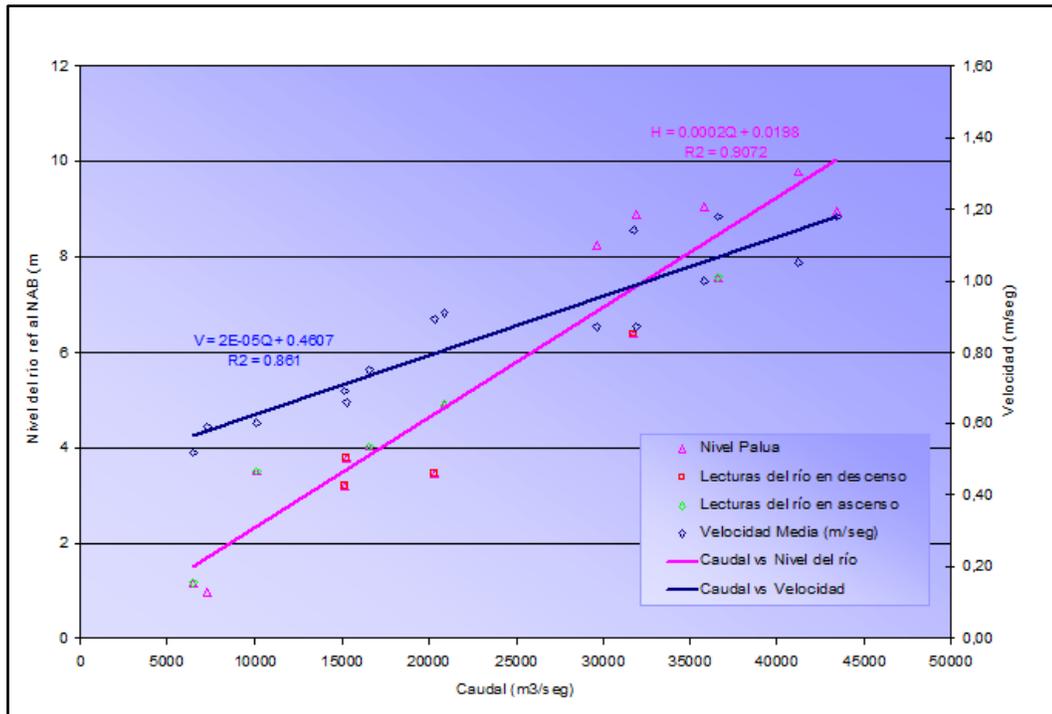


Figura 5.3 Correlación entre los niveles de la superficie del agua, la velocidad del flujo y los caudales medidos durante los aforos realizados en la sección S10.

5.3 Caracterización de la distribución granulométrica de los sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.

Considerando el inventario de datos de aforos en el sector Aramaya disponibles, se tomará en cuenta la sección de aforo S10 la cual presenta la mayor continuidad de mediciones durante el período de análisis.

En ese sentido, se presentará a continuación las relaciones existentes entre las distribuciones granulométricas de las muestras tomadas durante la ejecución de los

aforos y las características de la sección transversal S10 para el momento de la realización de los muestreos correspondientes. En ese sentido, cabe destacar que durante la ejecución del aforo se extraen muestras de los suelos adyacentes a las riberas y del centro del canal.

Para efectos de verificar la posibilidad de correlación existente entre las características de las distribuciones granulométricas de los suelos del cauce del río Orinoco, se realizará en primer lugar, la comparación de las condiciones granulométricas tomadas durante los períodos de aguas bajas en la sección de aforo de San Roque (S10).

En la siguiente secuencia gráfica se podrá comparar además de las distribuciones granulométricas de las muestras tomadas en su oportunidad, se podrán cotejar las variaciones sufridas por la sección de aforo S10 durante los períodos de Aguas bajas de cada año del quinquenio evaluado, también se suministrarán los datos del área de estas secciones de aforo, la velocidad de flujo medida en campo en cada oportunidad y el caudal calculado que transitaba el cauce.

Obsérvese en la figura las variaciones de los parámetros mencionados que se produjeron ante cada período de Aguas bajas de cada año:

En la figura siguiente se puede observar las curvas de distribución granulométrica de las muestras tomadas en los períodos de aguas bajas durante el quinquenio de análisis. La correlación muestra claramente que durante todo el período las muestras se correspondieron con granulometrías de arenas finas mayoritariamente.

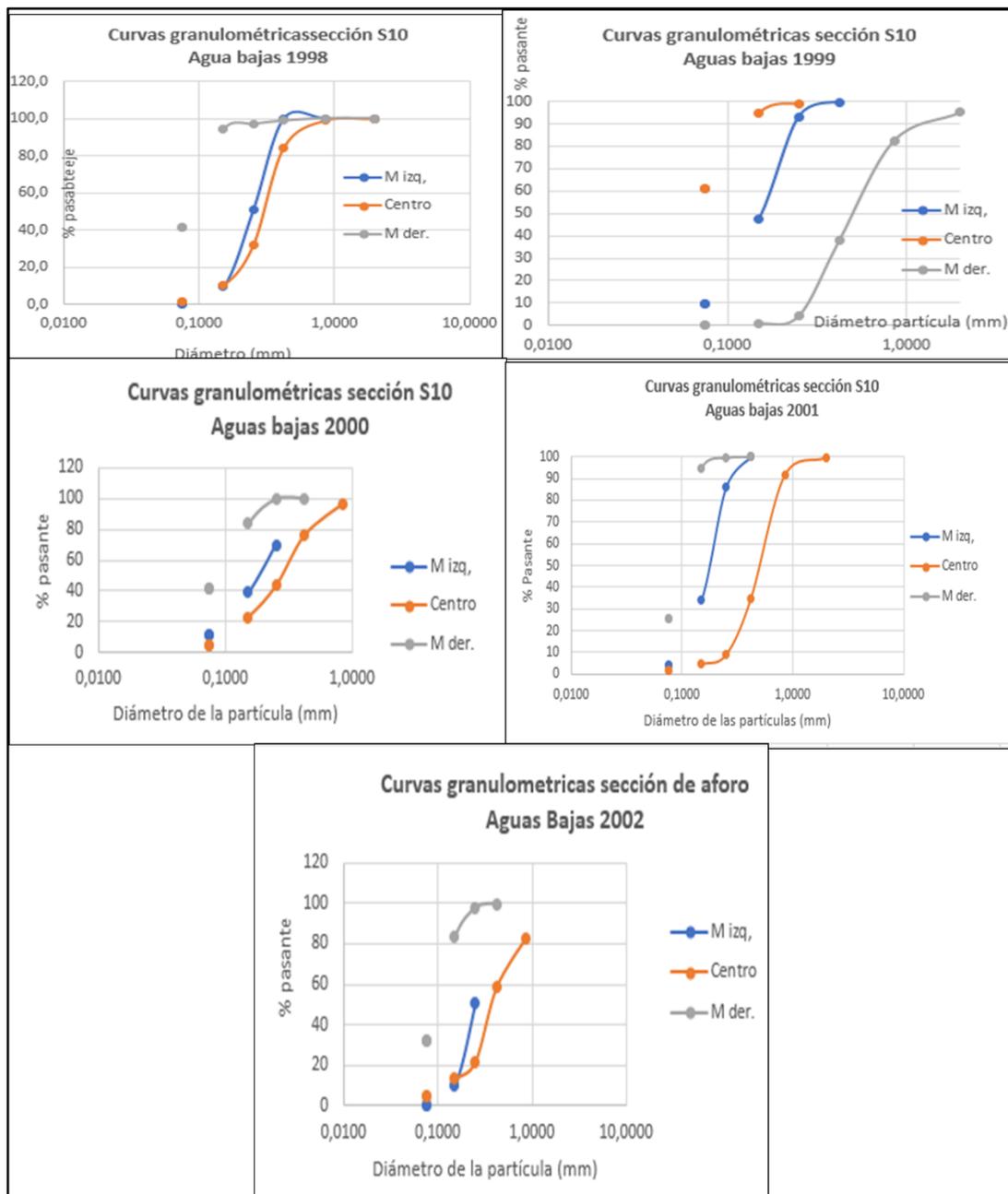


Figura 5.4 Correlación temporal de las distribuciones granulométricas para las fases de aguas bajas del período 1998 – 2002.

Asimismo, se ha realizado una correlación temporal de las distribuciones granulométricas de las muestras de suelo tomadas durante cada una de las cuatro (4) fases del ciclo hidrológico para un mismo año durante el quinquenio analizado. En ese sentido, como ejemplo de invariabilidad en el tipo de suelos, se presentan las curvas granulométricas calculadas para las muestras de suelo tomadas durante el año 2000. realizó

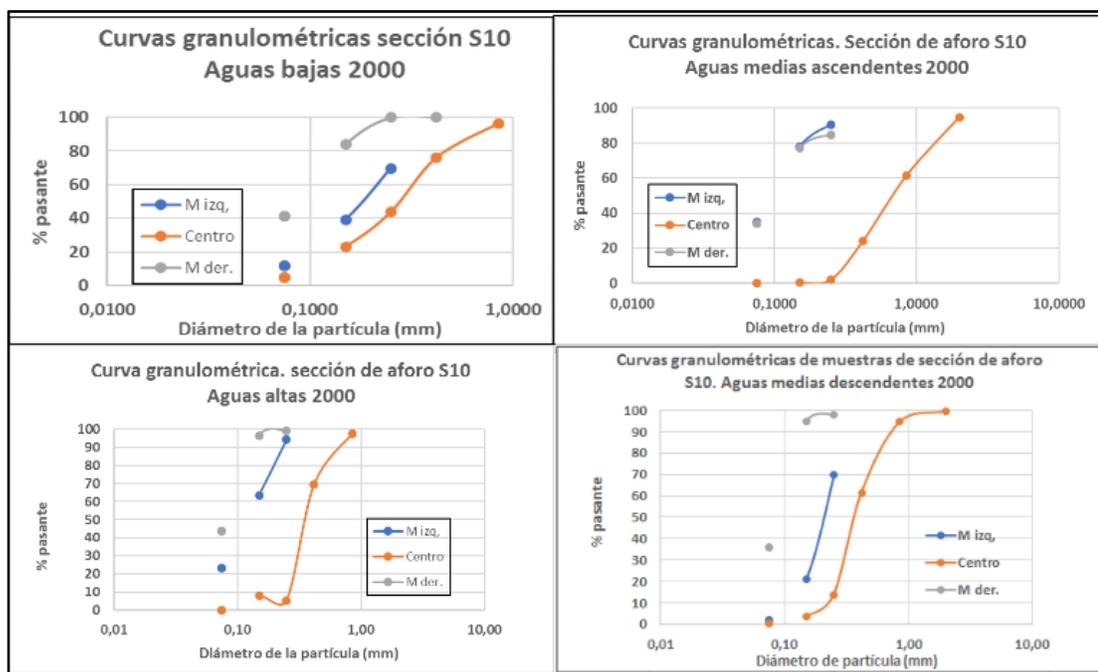


Figura 5.5 Correlación temporal de las distribuciones granulométricas para las fases de aguas bajas del período 1998 – 2002.

Por otra parte, se pretendió establecer una correlación con la geometría de la sección de aforo de San Roque (S10) y las posibles variaciones temporales que esta ha sufrido en el tiempo. Sin embargo, como se puede observar en la figura 5.5, son insignificantes los cambios observados en dicha sección transversal.

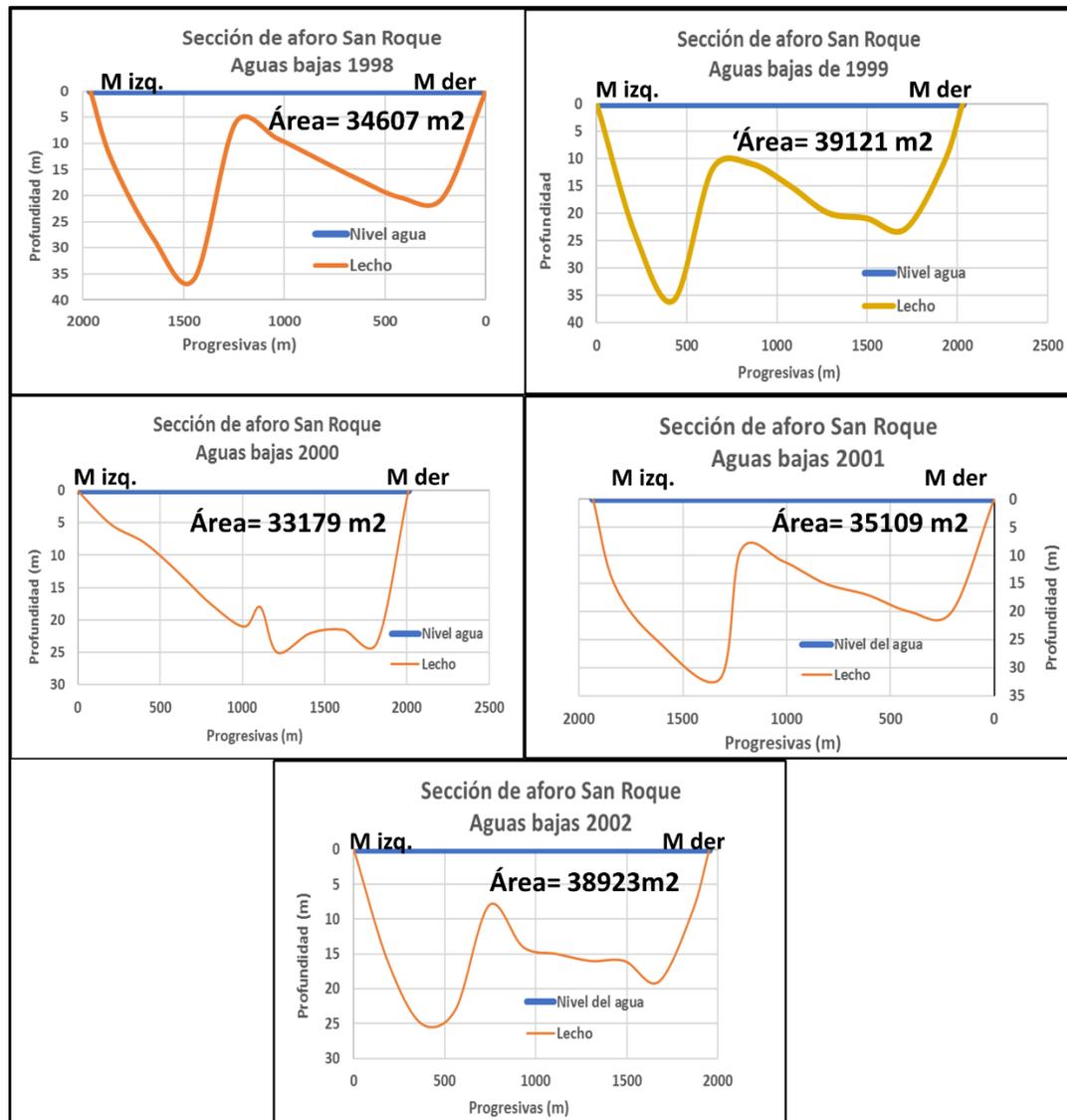


Figura 5.5 Variación temporal de la sección de aforo San Roque para Aguas bajas durante el quinquenio de análisis.

Situación similar a la anterior se observa (Figura 5.6) al intentar establecer correlación entre las variaciones temporales que pudo experimentar la sección de Aforo San Roque en las que se observa que la forma del lecho permanece casi idéntica aun cuando se trata de los períodos de aguas altas y evidentemente existe una carga hidráulica muy superior.

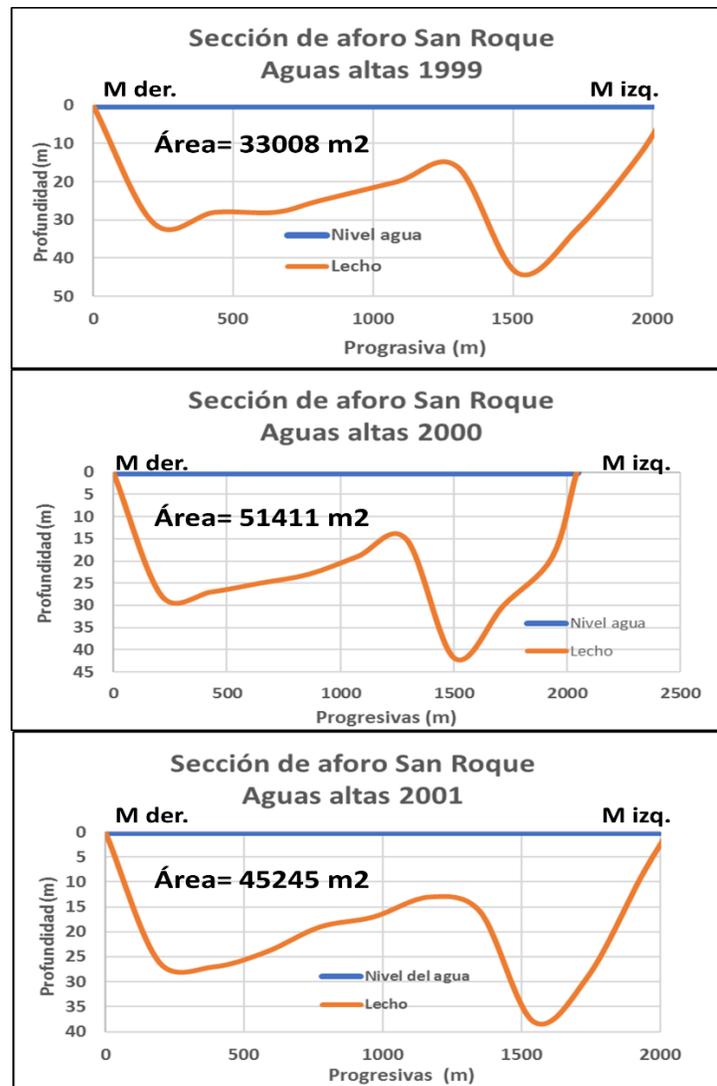


Figura 5.6 Variación temporal de la sección de aforo San Roque para Aguas bajas durante el quinquenio de análisis.

Cabe destacar que tampoco se observaron variaciones temporales significativas en la sección de aforo S10 al considerar los diferentes períodos hidrológicos para un mismo año.

5.4 Correlación temporal de la carga de sedimentos transportados a través del sector Aramaya durante el período 1998 a 2002.

El aforo permite efectuar la medición del caudal líquido que transporta el río pero también del caudal sólido en unidades de peso por día. En ese sentido, se realizará una correlación de los caudales líquidos y sólidos medidos en la sección de aforo de San Roque considerando las fases extremas del ciclo hidrológico del río, como son las Aguas bajas y las Aguas Altas.

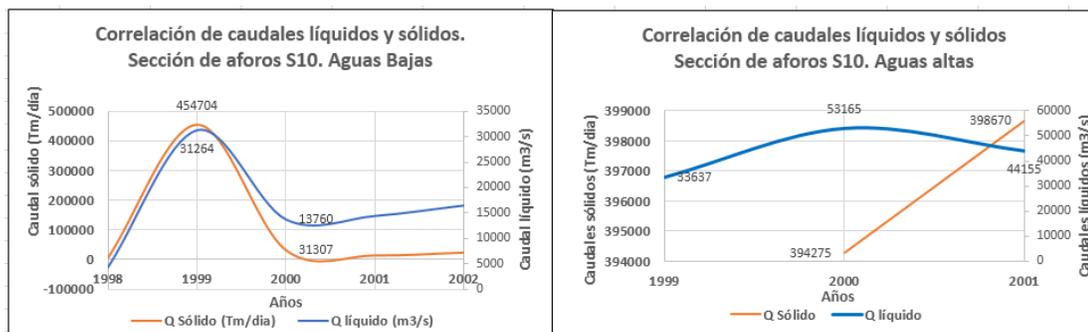


Figura 5.7 Correlación de carga líquida y carga sólida de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 en Aguas Bajas y en Aguas Altas.

Como se observa en los gráficos anteriores de correlación de la carga o caudal sólido o de sedimentos, pareciera no existir una correlación temporal en la carga de sedimentos medida a través de diferentes períodos hidrológicos de aguas bajas o de aguas altas por cuanto no se observa una tendencia uniforme o clara en ninguno de los dos casos. Sin embargo, si es notorio que el aumento de los caudales líquidos durante los períodos hidrológicos de Aguas Altas conlleva un incremento notorio en el caudal sólido o carga de sedimentos.

Seguidamente se presenta en las tablas 5.3 y 5.4 un resumen de los parámetros más significativos que permiten la construcción de algunas de las correlaciones

temporales mostradas entre los períodos hidrológicos de aguas altas y de Aguas Bajas.

Tabla 5.3 Parámetros de correlación de carga y tipo de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 durante período de aguas bajas.

Período	Año	Caudal		Área A (m ²)	Velocidad del flujo (m/s)	Concentración (ppm)	Tipo de sedimento		
		Q líquido (m ³ /s)	Q Sólido (Tm/día)				Margen Izq	Centro	Margen Der
Aguas bajas	1998	4339	5052	34607	0,13	13	Arena media	Arena media	Arena fina
	1999	31264	454704	39121	0,8	168	Arena fina	Arena fina	Arena fina
	2000	13760	31307	33179	0,41	0,0026	Arena fina	Arena fina	Arena fina
	2001	14462	13953	35109	0,41	11	Arena fina	Arena media	Arena fina
	2002	16517	23547	30923	0,53	17	Arena fina	Arena fina	Arena fina

Tabla 5.4 Parámetros de correlación de carga y tipo de sedimentos medidos en la sección de aforo S10 durante período de aguas altas.

Período	Año	Caudal		Área (m ²)	Velocidad del flujo (m/s)	Concentración (ppm)	Tipo de sedimento		
		Q líquido (m ³ /s)	Q Sólido (Tm/día)				Margen Izq	Centro	Margen Der
Aguas altas	1999	33637		33008	0,63		Arena fina	Arena fina	Arena fina
	2000	53165	394275	51411	1,03	0,0086	Arena fina	Arena fina	Arena fina
	2001	44155	398670	45248	0,98	105	Arena fina	Arena fina	Arena fina

Finalmente es observable que los tipos de sedimento son totalmente correlacionables en el tiempo ya que en todos los muestreos efectuados durante las campañas de aforos en la sección de San Roque, independientemente del año y de la fase del ciclo hidrológico, siempre estos sedimentos serán Arenas medias a finas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Existe en el sector Aramaya sólo una estación limnimétrica y no ha sido reinstalada la estación limnigráfica de registro continuo por parte del ente gubernamental que administra estas instalaciones de medición hidrométricas en el río Orinoco.
2. Actualmente existen tres (3) secciones de aforos en el sector Aramaya, dos (2) de ellas de medición parcial del caudal que son las secciones Mucura Norte (S9) y Mucura Sur (S8). La tercera sección de aforo es la sección de San Roque (S10) la cual es una sección que permite la medición del caudal total que circula por el río. Cabe destacar que esta última sección se considera muy estable ya que ha sido trazada en el estrechamiento de control litológico en la zona aguas arriba del sector Aramaya.
3. El río Orinoco registra en el sector Aramaya niveles de la superficie del agua que pueden alcanzar los 11.0 m (referidos al Datum Nivel de Aguas Bajas) y registra niveles mínimos en el orden de 1.00 m (también referidos al NAB), los cuales son medidos en los meses de agosto y marzo respectivamente. Cabe destacar que la corrección existente entre la altura o nivel de la superficie de agua del río referida al NAB en el sector Aramaya es de 0.30 m.
4. De acuerdo a los muestreos de sedimentos tomados en la sección de aforos de San Roque en el sector Aramaya, tomando en cuenta las cuatro (4) fases del ciclo hidrológico del río Orinoco y para todos los años del quinquenio comprendidos en la muestra piloto, se concluye que existe una clara correlación temporal en cuanto

al tipo de sedimentos muestreados en dicha sección de aforo, correspondiéndose con arenas finas a medias.

5. No existe correlación temporal en cuanto al caudal sólido o carga de sedimentos y tampoco en la concentración de carga suspendida debido a la inexistencia de parámetros hidráulicos o sedimentológicos que permitan predecir la cantidad de sedimentos que se producirán. Sin embargo, existe una evidente vinculación o correlación temporal proporcional entre el caudal líquido y el caudal sólido medido. Ante los aumentos del caudal líquido se producirán incrementos al caudal sólido.

Recomendaciones

1. Implementar modelos físicos de flujo de sedimentos en el área de estudio, que permitan evaluar o correlacionar las cargas sólidas o caudales sólidos medidos a través de los aforos en relación a la carga del lecho medida o estimada por otros modelos.
2. Evaluar las tendencias migratorias de las barras de arena con la finalidad de determinar la recurrencia en la formación de las mismas y su correlación con las magnitudes de velocidades de flujo y con los caudales sólidos medidos en los aforos.

REFERENCIAS

Acuña, M. (2000). **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO**. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz. Pp 89-103.

Alfonsi, P. P (1983). **AMBIENTES SEDIMENTARIOS**. Meneven, Venezuela. pp 15.

Alfonsi, Pedro Pablo. (1993). **SEDIMENTOLOGÍA DE CLÁSTICOS Y ELECTROFACIES**. Curso dictado para la CIED-Centro Internacional de Educación y Desarrollo. Puerto la Cruz- Estado Anzoátegui. Venezuela. Pp 58-59.

Allen, J. (1987). **SEDIMENTARY STRUCTURES, THEIR CHARACTER AND PHYSICAL BASIC DEVELOPMENTS IN SIDIMENTOLOGY**. Amsterdam Elsevier Vol. 1. pp 663.

Allen, J. (1965) **A RIVER OF THE ORIGIN AND CHARACTERISTIC OF THE RECENT ALLUVIAL SEDIMENTS**. Publishing Company London. Pp 89-191.

Allen, J. (1977). **PHYSICAL PROCESSES OF SEDIMENTATION**. Fourth Impresión. London: Allen G. and Unwin. Pp 248.

Allen G y Segura. F (1989). **SEDIMENTOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS**. Exploración Laboratory. C.F.P. Corporación S.A. Pp 238.

Araya. H. (2006). **ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LA ISLA LOS CABALLOS SECTOR EL ALMACÉN. ESTADO BOLÍVAR**, Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. (5° Edición). Episteme, Caracas, Venezuela.

Badillo Eulalio Juárez, Rodríguez Alfonso Rico. (1980). **MECÁNICA DE SUELOS**. Editorial Limusa, S.A. Anexo VII-A.

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Consultores Asociados, Caracas, Venezuela. pp 74

Bellizzia C., M. (1968). **EDADES ISOTÓPICAS DE ROCAS VENEZOLANAS**. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Boletín de Geología 10 (19): pp 356-380.

Betancourt, Orlando. (1998). **PLAN DE EXPLOTACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE ARENA LAVADA EN QUEBRADA LOS BÁEZ, SECCIÓN ADYACENTE A BIENHECHURÍAS DE MARÍA FLORES**, trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

Bowles, Joseph (1981) **MANUAL DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL**. Series McGraw hill, Latinoamericana, pp. 175 – 180.

Bueno, E. (1981). **ASPECTOS DE LA HIDROGEOLOGÍA DE LA GUAYANA VENEZOLANA M.A.R.V.R.** Febrero. Pp 86.

Chih Ted Yang (1996) **SEDIMENT TRANSPORT. THEORY AND PRACTICE**. Editorial Mcgraw-Hill.Pp 21-24.

Chow, Ven té (1990). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Mc Graw-Hill, Santa Fe, Bogotá, Colombia. 1ª Edición. pp. 10, 109

Corporación Venezolana de Guayana, C.V.G. **TECMIN**. (2007). **INFORME TÉCNICO DE RECURSO NATURALES**. Hoja NB-194 .Puerto Ordaz. Venezuela.

Corrales, J. (1977). **ESTRATIGRAFIA**. Editorial Ruedo. Madrid – España. Pp 717.

CVG Tecmin, C.A. (2002). **INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DEL ESTADO BOLIVAR**. Puerto Ordaz.

Danhke, G. (1986). **CLASIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN**. Barcelona.

Dewitt, D. y D. Swanson (1969). **DISTINTION BETWEEN DUNE, BEACH, Y RIVES SANDS FROM TEXTURAL CHARACTERISTIE**. Jour Sed. Petro. Volumen 27. Number 9. Pp 514-529

Ferrer, Alberto y Rodríguez, Richard (1998). **ESTUDIO SOBRE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA Y CONSTITUCIÓN DE LAS BARRAS DE ARENA EN EL SECTOR TARRAYERO (ISLA EL TRONCÓN) DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo Final de Grado. Estado Bolívar. Venezuela. Pp- 7,10-20.

Fuenmayor, Guillermo. (1993). **SEGURIDAD EN LA NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO TRAMO “EL JOBAL – MATANZAS”**. I Seminario de Seguridad en los Canales de navegación. Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas, Venezuela, pp. 145 – 160.

Fuerza Armadas Venezolana. (F.A.V). **INFORMES DE AVANCES METEOROLÓGICO DE CIUDAD BOLIVAR**. Del 1997-2007.

Galloway, W. y D. Hobday (1983). **TERRIGENOUS CLASTIC DEPOSITIONAL SYSTEMS**. Springer- Verlag, New Cork. Pp 201.

García, M y Maza J. (1998). **ORIGEN Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS. CAPÍTULO 6 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS**. México. Pp 258.

García, M. y Maza, J. (1998). **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. CAPÍTULO 7 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS**. México. pp 111.

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas. pp 69-72.

Guerrero, D. y Malave C. (2007), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR CAICARA – CABRUTA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Herrera, L. (1986). **VENEZUELA SUS CUENCAS HIDROGRÁFICAS INTERNACIONALES**. Inédito. Caracas. Venezuela.

Hjulström, F. (1935). **LA ACTIVIDAD MORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ILUSTRADO POR RIVER FYRIS**. Boletín del Instituto Geológico, Uppsala, vol. 25, cap. 3.

Hurley, P. M. y Gaudette, H. E. (1977). **GEOLOGÍA DE LOS GRANITOS DEL NORTE DEL ESTADO BOLÍVAR**. Sociedad de Geólogos de América.

Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV (1998). **EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL RÍO ORINOCO TRAMO EL JOBAL – MATANZAS**. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Pp 4.5 16-26, 32,40.

Instituto de Mecánica de Fluidos, U.C.V (1999). **SISTEMA FLUVIAL ORINOCO – APURE**. MANUAL 30 de abril de 2014 [[http:// imf.ing.ucv.ve/](http://imf.ing.ucv.ve/)].

Instituto Nacional de Canalizaciones (1990). **EL RIO ORINOCO Y EL CANAL DE NAVEGACION**. Puerto Ordaz.

Instituto Nacional de Canalizaciones. I.N.C (2000). **INFORME DE AVANCES MENSUALES DE LAS ALTURAS LIMNIMÉTRICAS DEL RÍO ORINOCO**. (Período 1996-2006). Puerto Ordaz. pp – 15.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2017). **REGISTRO DE VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS**. [www. Inameh.gob.ve](http://www.inameh.gob.ve). fecha de consulta: 17 Abril de 2017.

Leeder, M. (1982).**SEDIMENTOLOGY.PROCESS AND PRODUCT**. London George Allen and Unwin. Boston Sydney. pp 60-620.

Léxico Estratigráfico de Venezuela (1956). **BOLETÍN GEOLOGÍA**. Primera Edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. Pp 524-525.

Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999). **BOLETÍN GEOLOGÍA**. Tercera Edición. Editorial Sucre,Caracas, Venezuela. Pp 414-415.

Malpica C. Rojas D. (2015). **ANALISIS DE LOS ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS Y SEDIMENTOLOGICOS DE LA ISLA LA BURRA, UBICADA EN EL RIO ORINOCO, ENTRE LOS MUNICIPIOS CEDEÑO, ESTADO BOLIVAR Y LAS MERCEDES, ESTADO GUARICO, VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Marín, L., (2000), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR ARAMAYA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

McCandless, G. C. (1965). **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA PARTE OCCIDENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR**. Boletín de Geología Vol. 7 (13). Pp 19-28.

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAERICANO**. Ciudad Bolívar. Pp 25 – 37.

Mendoza, V. (1975). **GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE DEL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS, VENEZUELA.** V Congreso Geológico Venezolano. Vol. 1. Pp 363-404.

Mendoza, Vicente. (1972). **GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL RÍO SUAPURE, PARTE NOROCCIDENTAL DEL ESCUDO DE GUAYANA,** Estado Bolívar, Mem, IX Conf., Geol., Inter.-Guayana, (Ciudad Guayana), Venezuela. Pp 70.

Miall, A (1978). **FLUVIAL SEDIMENTOLOGY.** G.S.P.G. Memory 5. Calgary, Alberta, Canadá. Pp 859-862.

Miall, A. (1981) **ANALYSIS OF FLUVIAL DEPOSITIONAL SYSTEMS.** Petrol. Geol Conference. Pp 68, 69.

Ministerio de infraestructura Instituto Nacional de Canalizaciones Gerencia Canal Orinoco (2000). **PROPUESTAS DE ASCENSOS Y RECLASIFICACIÓN DE CARGOS AL PERSONAL DIVISIÓN BASE CAICARA.** Caicara- Estado Bolívar. Venezuela. Pp 6 – 20.

Ministerio de Obras Públicas. **MANUAL DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD.** Venezuela. Marzo 1985. Venezuela. M.O.P.E -115.

Pravia, José René. (1998). **APUNTES DE MECÁNICA DE SEDIMENTACIÓN.** Tomo II, pp. 347 – 376.

Pettijonh, F. (1980). **ROCAS SEDIMENTARIAS.** Editorial Eudeba. Tercera Edición, Buenos Aires, Argentina. Pp 71, 72, 138, 139.

Reineck, H. y I. Sing. (1981). **DEPOSITIONAL SEDIMENTARY ENVIRONMENTS.** Berlin Springer – Verlag. Pp 185 – 201. Pp 439.

Ríos, J. H. (1969). **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE CAICARA, ESTADO BOLÍVAR.** IV Congreso Geológico de Venezuela, Caracas. MEM., III: pp 1759-1782.

Rodríguez, Richard y Ferrer, Alberto. **ESTUDIO SOBRE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA Y CONSTRUCCIÓN DE LAS BARRAS DE ARENA EN EL SECTOR TARRAYERO (ISLA EL TRONCÓN) DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado. Noviembre 1998. Pp 36-40

Rodríguez, J. (2012). **DETERMINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE TRANSPORTE DE LA PARTE ESTE DE LA ISLA FAJARDO MUNICIPIO**

CARONÍ, RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR. Trabajo de Grado no Publicado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

Sabino C. (2006). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial Panapo. Caracas. 134-145

Shields, A. (1936). **APPLICATION OF SIMILARITY PRINCIPLES, AND TURBULENCE RESEARCH TO BED-LOAD MOVEMENT.** California of Institute of Technology. Pasadena.

Silva, G. (2003). **EROSIÓN FLUVIAL Y TRANSPORTE SEDIMENTOS EN RÍOS.** Trabajo de grado. Colombia. Pp 158.

Silva E y Alcalá H. (2005). **CARACTERIZACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LAS ISLAS OROCOPICHE, EL DEGREDADO Y PANADERO UBICADAS EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS OROCOPICHE Y MARHUANTA, RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar. Pg 16-27, 171.

Spaletti Luis A. (2007). **TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS** (10 de mayo 2012). Facultad de Ciencias y Museo UNLP.<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/sedimentologia/pdf/textura.pdf>.

Sthraler, N. Arthur (1989). **GEOGRAFÍA FÍSICA.** Tercera Edición Barcelona, España. Pp 447-448.

Tamayo y Tamayo, M. (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** 4ta edición, 3era reimpresión. Editorial Limusa. México, pp 64-82.

Torres, Mayra. (1999). **ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL CONJUNTO DE ISLAS BERNABELA E ISLOTE DEL RÍO ORINOCO. ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Visher, G. (1969) **GRAIN SIZE DISTRIBUTIONS AND DEPOSITIONAL PROCESSES.** Vol. 3 Pp 1074 – 1106.

Yang, Chih Ted. (1996). **SEDIMENT TRANSPORT. THEORY AND PRACTICE.** Editorial McGraw-Hill. New York, pp 19 – 37.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	CORRELACIÓN TEMPORAL DE LA GRANULOMETRÍA Y DE LA CARGA DE SEDIMENTOS QUE MOVILIZA EL RÍO ORINOCO A TRAVÉS DE SU CAUCE. CASO: SECTOR ARAMAYA EN EL ESTADO MONAGAS, VENEZUELA DURANTE EL PERÍODO 1998 -2002
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	BARRIOS GONZÁLEZ, CARLOS A.	CVLAC
e-mail		sotilrac01@@gmail.com
e-mail		
TOSCANO SUÁREZ, JENDERSON RAFAEL	CVLAC	24.378.483
	e-mail	Jenderson1601@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Aramaya
Correlación temporal sedimentos
Movimiento incipiente
Carga de sedimentos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Mecánica de sedimentación	Erosión, depositación y transporte

Resumen (abstract):

El objetivo fundamental del presente trabajo de grado consiste en establecer la posible correlación temporal existente entre la granulometría y la carga de sedimentos que moviliza el río Orinoco a través de su cauce. En ese sentido, se analiza en este estudio el caso específico del sector Aramaya con base a los registros de aforos realizados durante el quinquenio 1998 al 2002, lo cual se considera pertinente y se presume que los resultados serían extrapolables en el tiempo, toda vez que no se conoce documentalmente que se hayan producido eventos naturales ostensiblemente diferenciados a lo largo de los últimos 50 años. Cabe destacar que la escogencia del sector Aramaya se debió a que es uno de los sectores con mayores dificultades para el tránsito de las embarcaciones de gran calado, también por el reiterativo dragado de mantenimiento periódico que se debe realizar en dicho sector y finalmente, a la existencia de datos de aforos en ese tramo del canal de navegación. La estrategia adoptada para dar respuesta al problema de ausencia de conocimiento planteado es a través de un diseño documental y de campo. Para la realización de la presente investigación se describió los procedimientos de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) en el sector Aramaya, se caracterizó el comportamiento de las corrientes con base a la correlación de los niveles del río, velocidades y caudales, se recopilaron las características granulométricas de los materiales del cauce muestreados durante la ejecución de los aforos, así como también la concentración de la carga de sólidos suspendidos. Todos estos análisis se realizaron con base a los datos suministrados por la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (CVG GCNO), antes denominada INC. Posteriormente, se construyeron las secciones transversales, con información proveniente de los levantamientos batimétricos costa a costa efectuados en la oportunidad de la realización de los aforos en la sección San Roque (S10). Como resultados relevantes se determinó que los materiales del cauce en la sección de aforo S10 se corresponden con arenas finas a medias lo cual se mantiene con el mismo comportamiento durante el período evaluado. Las cargas de sedimentos durante el quinquenio evaluado indican que existe correlación temporal en el tipo de sedimento independientemente de la fase del ciclo hidrológico y del año en el período evaluado. Sin embargo, no existe correlación temporal en la cantidad de sedimentos ni en su concentración.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
ECHEVERRÍA DÍAZ, DAFNIS JOSÉ	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input checked="" type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408			
	e-mail	djed4506@hotmail.com			
	e-mail				
MONTEVERDE SEVILLA, FRANCISCO RAÚL	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.192.676			
	e-mail	monteverdefr@gmail.com			
	e-mail				
ROURA, KATHEOUSKA	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail	@gmail.com			
	e-mail				
	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail				
	e-mail				

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	12	

Lenguaje Spa _____

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-.Doc
Correlación temporal granulométrica y carga de sedimentos en Aramaya del río Orinoco.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial : Sector Aramaya, río Orinoco, estado Monagas, Venezuela

Temporal: 2022

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Sedimentología

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>Martínez</i>
FECHA <i>5/8/09</i> HORA <i>5:30</i>

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Curyelo
JUAN A. BOLANOS CURYELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

Carlos A. Barrios González
C.I.: V-26.184.497

Jenderson Rafael Toscano Suárez
C.I.: V-24.378.483

TUTOR
Dafnis J. Echeverría D.
C.I. No 4.506.408

